Ae 2 49.4

Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. HANS SCHINZ

Direktor des Botanischen Gartens und Museums der Universität Zürich.

Fünfundsechzigster Jahrgang. 1920.

Mit 1 Porträt, 1 Karte, 9 Tafeln, 30 Abbildungen
und 14 Diagrammen.

Zürich,
in Kommission bei **Beer & Co.** in **Zürich**
1920.

D. 3.00
MISSOURI BOTANICAL
RECEIVED
DEC 28 102
GARDEN LIBRARY

Gründungsjahr der Gesellschaft 1746.

S. 1—434 ausgegeben am 30. Juni 1920.
S. 435—619 und I—L ausgegeben am 31. Dezember 1920.

Buchdruckerei Gebr. Fretz A.G., Zürich.

Inhalt.

Erster Teil:

Abhandlungen.

Seite

Yvonne Boveri-Boner. Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Nephridien niederer Oligochaeten 506
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.

E. Farner und **R. Klinger.** Über den endemischen Kropf der Katze . 497
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.

Verzeichnis der Publikationen von Prof. Dr. U. Grubenmann . . . 93
Ausgegeben als Separatabdruck am 15. April 1920.

Arnold Heim. Zur Geologie des Mont Bifé am Freiburger Alpenrand . 435
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.

Karl Hescheler. Beiträge zur Kenntnis der Pfahlbautenfauna des Neolithikums. (Die Fauna der Pfahlbauten im Wauwylersee.) . 248
Ausgegeben als Separatabdruck am 13. Juli 1920.

Hans Hirschi. Radioaktivität einiger Schweizergesteine. Erster Teil: Petrographisch-mikroskopische Untersuchungen 209
Ausgegeben als Separatabdruck am 20. Mai 1920.

Hans Hirschi. Radioaktivität einiger Schweizergesteine. Zweiter Teil . 545
Ausgegeben als Separatabdruck am 20. November 1920.

Dr. Georg Jegen. Zur Biologie und Anatomie einiger Enchytraeiden . 100
Ausgegeben als Separatabdruck am 10. Mai 1920.

A. Kiefer. Über Kreise und Kegelschnitte 462
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.

Max Küpfer. Beiträge zur Morphologie der weiblichen Geschlechtsorgane bei den Säugetieren. Über das Auftreten gelber Körper am Ovarium des domestizierten Rindes und Schweines 377
Ausgegeben als Separatabdruck am 13. Juli 1920.

Ernst Meissner. Zu Chrystals Theorie der Eigenschwingungen stehender Gewässer (Seiches) 515
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.

Hans Nägeli. Die postglazial-prähistorischen Biaschina-Bergstürze . 1
Ausgegeben als Separatabdruck am 28. Februar 1920.

Ferdinand Rudio und **Carl Schröter.** Notizen zur Schweizerischen Kulturgeschichte.

51. Die Eulerausgabe (Fortsetzung) 605
52. Nekrologe: Gustav Huguenin. Arthur Tröndle. Adolf Steiger. Adolf Hurwitz 606

Ausgegeben als Separatabdruck am 31. Dezember 1920.

Eduard Rübel. Die Entwicklung der Pflanzensoziologie 573
Ausgegeben als Separatabdruck am 25. November 1920.
Dr. med. J. Rutgers. Ursprung und Wesen des Sexuallebens, namentlich des Generationswechsels 473
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.
Hans Schinz. Der Pilzmarkt der Stadt Zürich der Jahre 1918 und 1919 im Lichte der städtischen Kontrolle 530
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.
Rudolf Staub. Über Wesen, Alter und Ursachen der Gesteinsmetamorphosen in Graubünden 323
Ausgegeben als Separatabdruck am 15. April 1920.
L. Zehnder. Das Wasserstoffatom, der atomistische Äther und das Planck-sche Wirkungsquantum 59
Ausgegeben als Separatabdruck am 1. April 1920.

Druckfehler-Berichtigung.

Durch ein Versehen des Setzers ist in der Fussnote [2]) auf Seite 547 ein Fehler entstanden. Es muss daselbst richtig heissen: „[2]) Diese positiven und negativen Ladungen . . .“

Zweiter Teil:

Sitzungsberichte.

Seite

Prof. Dr. Otto Schlaginhaufen. Sitzungsberichte von 1920 . . . I

Darin sind folgende Autoreferate enthalten:

Prof. Dr. Walter Frei. Das Fleisch als Forschungsobjekt . VI

Dr. G. Jegen. Ergebnisse meiner Vererbungsversuche an Bienen XXVI

Dr. Bernhard Peyer. Das naturwissenschaftliche Paris um 1800 VIII

Prof. Dr. Paul Karrer. Über Chemotherapie IX

Dr. med. Rudolf Klinger. Die Blutgerinnung (chemisch und physiologisch) XX

Dr. Eduard Rübel. Die Entwicklung der Pflanzensoziologie . XXV

Dr. Joh. Rutgers. Die Bildung von reproduktiven Zellen im Gegensatz zum gewöhnlichen vegetativen Wachstum . . XII

Prof. Dr. Hermann Staudinger. Die drei Nobelpreisträger Adolf von Baeyer, Emil Fischer und Adolf Werner . . III

Dr. P. Wirz. Aus dem Leben der Eingeborenen von Südwest-Neuguinea XXIII

Prof. Dr. Zangger und Prof. Dr. V. Henri. Über Spektroskopie, Spektrophotographie und deren Anwendungen . . XXVIII

Prof. Dr. H. Schellenberg. Die Holzzersetzung als biologisches Problem XXX

Exkursionen:

Prof. Dr. Schlaginhaufen. Besichtigung der Portlandzement-fabriken Holderbank-Wildegg und des Schlosses Wildegg XXII

Dr. M. Baumann-Naef. Bericht des Quästors über die Rechnung der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich für das Jahr 1919 XIII

Prof. Dr. Otto Schlaginhaufen. Bericht des Sekretärs über die wissenschaftliche Tätigkeit und den Bestand der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1919/20 . . . XVII

Prof. Dr. Hans Schinz. Bericht des Redaktors . . . XVIII

Verzeichnis der Mitglieder der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich auf den 31. Dezember 1920. XXXIII

Die Separatabdrücke sind nicht im Buchhandel zu haben.

Erster Teil

Abhandlungen

covers on
Ae 2 49.4

Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. **Hans Schinz**

Direktor des Botanischen Gartens und Museums der Universität Zürich.

Fünfundsechzigster Jahrgang. 1920. Erstes und Zweites Heft.

Ausgegeben am 13. Juli 1920.

Zürich,

in Kommission bei Beer & Co.

1920.

Buchdruckerei Gebr. Fretz A. G., Zürich

MUSEUM BOTANICUM UNIVERSITATIS TURICENSIS
AUG 23 1921
GARTEN

Inhalt.

Seite

Hans Nägeli. Die postglazial-prähistorischen Biaschina-Bergstürze . . 1

Ausgegeben als Separatabdruck am 28. Februar 1920.

L. Zehnder. Das Wasserstoffatom, der atomistische Äther und das Planck-sche Wirkungquantum 59

Ausgegeben als Separatabdruck am 1. April 1920.

Verzeichnis der Publikationen von Prof. Dr. U. Grubenmann 93

Ausgegeben als Separatabdruck am 15. April 1920.

Dr. Georg Jegen. Zur Biologie und Anatomie einiger Enchytraeiden . 100

Ausgegeben als Separatabdruck am 10. Mai 1920.

Hans Hirschi. Radioaktivität einiger Schweizergesteine. Erster Teil: Petro-graphisch-mikroskopische Untersuchungen 209

Ausgegeben als Separatabdruck am 20. Mai 1920.

Karl Hescheler. Beiträge zur Kenntnis der Pfahlbautenfauna des Neolithi-kums. (Die Fauna der Pfahlbauten im Wauwylersee.) . . . 248

Ausgegeben als Separatabdruck am 13. Juli 1920.

Rudolf Staub. Über Wesen, Alter und Ursachen der Gesteinsmetamorphosen in Graubünden 323

Ausgegeben als Separatabdruck am 15. April 1920.

Max Küpfer. Beiträge zur Morphologie der weiblichen Geschlechtsorgane bei den Säugetieren. Über das Auftreten gelber Körper am Ovarium des domestizierten Rindes und Schweines 377

Ausgegeben als Separatabdruck am 13. Juli 1920.

NB. Die Separatabdrücke sind nicht im Buchhandel zu haben.

Die postglazial-prähistorischen Biaschina-Bergstürze.

Von

HANS NÄGELI (Zürich).

Mit 1 Karte und 2 Profiltafeln.

(Als Manuskript eingegangen am 15. Oktober 1919).

Historisches.

Escher von der Linth (1868). Schon in einer Notiz von A. Escher von der Linth aus dem Jahre 1868 wird etwas über die Blöcke von Chironico ausgesagt, schon damals wurden sie mit den Ablösungsflächen der linken Talseite kombiniert und als Bergsturzblöcke angesehen. Escher scheint sich in der Hauptsache auf die Abhandlung eines gewissen Guschetti zu berufen, die ich leider nirgends auftreiben konnte; vielleicht handelt es sich um eine Arbeit, die Manuskript geblieben ist. Escher meint, das steile Einfallen der Kluftflächen bei Anzonico bilde nur eine Ausnahme, denn er sagt (Lt. 4 p. 150): „In fast allen Töbelchen am Sobrio-Cavagnago-Weg, soweit man sieht, tritt wagerechter Gneiss zutage, zahlreiche Fällchen bewirkend.“ Das ist ein Irrtum, das bedeutende Fallen des Gneisses im Sinne des Gehänges ist im Gegenteil die Regel und zwar durchgehend talaufwärts wie talabwärts. Die Talstufe von Lavorgo wurde schon von ihm (vielleicht nach Guschetti) als Bergsturzstufe betrachtet (Lt. 4 p. 152): „Die bedeutende Talstufe zwischen Giornico und Lavorgo ist veranlasst durch einen alten Bergsturz, zwischen dessen Trümmern der Tessin Prachtwasserfälle und die schönsten Windungen bildet.“

Auch Rütimeier hat sich im Tessin wissenschaftliche Fragen gestellt und hat Vergleiche mit dem Reusstal vorgenommen. Das Defilé von Chironico wird auch angeführt, er sagt u. a. (Lt. 6 p. 353): „Zwischen Chironico und Lavorgo betritt man das Gebiet von noch heute nicht weggeräumten Moränen“ und meint damit den „Bergsturz von Chironico“. An einer andern Stelle heisst es (Lt. 5 p. 31): „Die künftige Vertiefung des Schnittes bei Chironico wird den Kessel von Faido drainieren, den Durchschnitt bei Dazio vertiefen und folgerichtig selbst bis Bedretto wirken müssen.“ Und gerade hier findet

er in Erosionskesseln, die mit glazialer Auskolkung der Felswände nicht verwechselt werden können, 50 m über dem jetzigen Flussbett, interessante Spuren zur Veranschaulichung dessen, wie rasch sich ein Fluss einsägen kann. Unmittelbar unterhalb davon beginnt mit der untern Leventina „das regelmässige Tal des Tessin", in welchem der Fluss im Gegenteil nur noch aufschüttet.

Ein Jahr darauf (1875) lässt G. Seiler im Jahrbuch des S. A. C. einen Exkursionsbericht unter dem Titel „Über den Passo del Laghetto" erscheinen. Der Weg über diesen Pass geht von Lavorgo aus. Uns interessiert hier nur die erste Wegstunde. Seiler schreibt (Lt. 8 p. 287): „20 Minuten unterhalb Lavorgo führt eine Brücke über den Tessin und von da ein schönes Strässchen in $^3/_4$ Stunden im Zickzack einen alten, aus gewaltigen Gneissblöcken zusammengesetzten Gletscherwall hinauf, der prächtig mit alten, knorrigen Kastanienbäumen bewachsen ist, die hier, wie sonst im Tessin, das weite Steinland malerisch beleben." Seiler hat die Erscheinung nicht regelrecht studiert, sondern wahrscheinlich nur während seiner kurzen einmaligen Begehung als Gletscherwall aufgefasst; inwieweit er zu seinem Urteil kompetent war, muss ich dahingestellt sein lassen.

W. Hellwag hat 1876 eine Schrift über „Die Bahnachse und das Längsprofil der Gotthardbahn" veröffentlicht. Schon die Überschrift lässt erwarten, dass hier alles auf die Bahnlinie, ihre Führung und Fährdung abzielt, nichtsdestoweniger hat Hellwag interessante Beobachtungen gemacht, die auch an dieser Stelle erwähnenswert sind.

Nach Hellwag ist der Verwitterungsprozess für die Gotthardlinie ein besonders starker Feind, weil der Höhenunterschied von Tal- und Firstlinie ein sehr beträchtlicher ist, und der Prozess in der Regel, je höher das Gebirge, desto rascher vorwärtsschreitet. Die Verwitterungsarbeit in den Höhen macht sich im Tal unten dadurch bemerkbar, dass ihre abgelösten Produkte sich der Erosionsrinne als Schuttsammler bedienen und sich in derselben auftürmen, ja ihr manchmal ein ganz eigenartiges morphologisches Bild aufprägen. Hellwag zufolge sind alle Steinablösungen gleicher Natur, er unterscheidet die in Bewegung versetzten Massen nach der akuten oder chronischen Bewegungsart derselben. Von Bergstürzen zählt er auf der Südseite des Gotthard einen bei Lavorgo und einen bei Bodio auf; ihre Ursachen sind die gleichen, er erkennt sie „im Vorhandensein von Rutschflächen, auf welchen durch Querklüfte abgeschnittene Keile der Berggehänge" abgeglitten sind.

Hellwag setzt sich morphologische Fragen vor, die ganz ausser-

halb seiner eigentlichen Aufgabe liegen; so z. B. fallen ihm die das Hauptteil rechts und links begleitenden Terrassen in der mittleren Leventina bis zum Plateau von Chironico auf, er hält sie für „Überreste der Gehänge eines niederen Talweges". Die enge Schlucht von Dazio grande ist schon für ihn ersichtlich ausschliesslich eine vom Wasser nach der Zeit des Gletscherregimes geleistete Vertiefungsarbeit. Auch der kleine Bergsturz von Calonico ist Hellwag nicht entgangen, er verlegt ihn in die Ausmündung des Seitentales von Calonico; von einem solchen Seitental kann man aber nicht wohl sprechen, eher von einer Bergsturznische. Wichtiger ist, dass schon er diesen Trümmerhaufen für „uralt" gehalten hat, indem er umsonst nach Spuren andauernder Bewegung und rezenter Blockstürze gesucht hat.

Schliesslich, und das ist für mich das interessanteste, spricht er sich kurz auch über die Stromschnelle unterhalb Lavorgo aus. Das hier mit der Talrichtung übereinstimmende Schichtenstreichen und deren talwärts gerichtete Neigung auf der linken Seite lässt er nicht ausser Acht (Lt. 9 p. 43): „So sicher auch der eine solche Piottine (Felsbank) unterlagernde und im Talboden fussende Fels ist", sagt er, „ebenso drohend sind die weiter oben noch auf ihm hängenden, von andern Piottinen begrenzten Felsscheiben, von deren Rändern grosse Blöcke zeitweise abbrechen."

Davon, dass die linke Talseite hier einen enormen Bergsturz geliefert haben soll, erwähnt Hellwag kein Wort. Die Stromschnelle scheint ihm durch andere Ursachen als durch eine Bergsturzschwelle bedingt zu sein. Hören wir, was er sagt (Lt. 9 p. 45): „Auf dem rechten Talgehänge erstreckt sich zwischen Nivo und Al Tirolo eine Moräne, auf deren Plateau, am Fusse der überragenden Felswände Chironico liegt und deren südwestliche Fortsetzung den terrassierten, zuoberst mit Bergsturzschutt bedeckten Monte Pellegrino bildet. Von da talabwärts trennt nur ein Sturzhaldenfuss die steilaufstrebenden Klippwände von der Talsohle." Also eine Moräne hat sich bei Chironico, besser gesagt bei Lavorgo, dem Tessin entgegengelegt, eine mit etwas Bergsturztrümmern oberflächlich bestreute Moräne? Das ist die Ansicht Hellwags im Jahre 1876, wir werden gleich hören, was andere seither behauptet haben.

1882 ist eine von Dr. Rolle bearbeitete geologische Karte des südwestlichen Graubünden und nordöstlichen Tessin im Masstab 1 : 100 000 erschienen, das Dufourblatt XIX (Lt. 14). In der mittleren Leventina ist er mit drei seiner Signaturen ausgekommen: Gneiss, Glimmerschiefer und (Gerölle, Schutt, Bergstürze). Die Grenzführung

zwischen Gneiss und Glimmerschiefer hat er gut getroffen, nur lässt er auf der rechten Talseite den Glimmerschiefer im Val Chironico aufhören und gibt ihn südlich davon nirgends mehr an. Ich habe auf dem Grat zwischen Val Osadigo und Val Folda, auf Alpe Perla und bis hinunter nach Cossumo ob [1]) Ursino unanfechtbaren Staurolith-Glimmerschiefer angeschlagen. Was das „aufgeschwemmte Gebirge" betrifft, ist sehr bedauerlich, dass man bei seiner Signatur „eb" nicht ohne weiteres wissen kann, ob er die betreffende Schuttablagerung für Bergsturz oder Wildbachmure oder gewöhnliche Schutthalde gehalten hat. In der Biaschina begeht er einen groben Fehler: die ganze enorme Trümmermasse östlich Nivo-Chironico-Al Tirolo wird als anstehender Gneiss in die Karte eingetragen und erst unterhalb Tirolo, z. T. schon bei der heutigen Station Giornico, kartiert er Gerölle, die er, wie mir scheint, als das beim Austritt in das Haupttal fallengelassene Alluvium der Zuflüsse Ticinetto und Barolgia aufgefasst hat. Dieses Schwemmland, der kleine Bergsturz „von Calonico" und die ganze Sturzhalde von diesem linker Hand bis Lavorgo ist von ihm gewissenhaft wiedergegeben worden, umsomehr erstaunt mich das Auslassen des so schön ausgebildeten und grossen Schuttkegels von Bodio, der an Masse doch wenig hinter demjenigen zwischen Faido und Chiggiogna zurücksteht.

F. M. Stapff war als Ingenieur-Geologe am Bau der Gotthardbahn engagiert und hat sich besonders durch seine Tunnelprofile einen Namen erworben. Seine „Beobachtungen im Tessintal" (1881/82) haben nur noch historisches Interesse, sie sind heute überholt und von Lautensach gebührend kritisch berücksichtigt worden. Seine berufliche Tätigkeit wies ihn auch in die Biaschina und wir wollen nun sehen, was für Gedanken er sich über diese Talstrecke gemacht hat. Ist diese Stromschnelle tektonisch bedingt? hat sie glaziale Ursachen? oder steht sie etwa nur mit torrentiellen Vorgängen in Beziehung? Seiner Beschreibung ist zu entnehmen, dass er die plötzliche Verschmälerung des breiten Talbodens zu einer Rinne, die ausschliesslich vom fliessenden Wasser besetzt wird und das gleichzeitig an dieser Stelle einsetzende relativ grosse Gefälle nicht in Korrelation bringt, sondern vielmehr jeder Tatsache ihre besondere Ursache zugesellt. Stapff spricht sich wie folgt aus (Lt. 13 Bd. 33, p. 610):

„Eine absehwerte Talsperre aus anstehendem Gestein, entsprechend jenen von Stalvedro und Dazio grande, besitzt die Biaschina

[1]) Ich gebrauche die Worte „ob" und „oberhalb" im gleichen Sinn wie Lautensach. Oberhalb will bedeuten: talaufwürts, ob: gehängeaufwärts; die entgegengesetzten Bezeichnungen sind „unter" und „unterhalb".

nicht, nur Schuttmassen verlegten hier das Tobeltal; der aufgedämmte Tessin durchfrass sie allmählich entlang dem linksseitigen Talgehänge.“ Und weiter unten:

„Die Verbindung zwischen mittlerer Leventina und unterer war tektonisch offen. Hier bildet eine Schwelle schwebender Gneisschichten die Grenze beider Talstufen; oberhalb ist das Einfallen auf beiden Talseiten gleichsinnig, unterhalb gegensinnig. Der Antiklinalbruch greift tief unter die Schwelle, daher die Talstufe mit ihren Wasserfällen in der Bruchlinie.“

Ich muss hier anführen, dass sich Stapff allem Anschein nach die Entstehung der Gebirgstäler noch nach der Spaltentheorie erklärte. Das Val Bedretto, die obere Leventina z. T. und die untere Leventina sind ihm zufolge in antiklinale Tektonik eingebrochene Spaltentäler, die mittlere Leventina verhält sich abweichend, in ihr ist die Schichtenstellung auf beiden Seiten gleichsinnig, das Tal demnach isoklinal. Die Übergangsstelle von isoklinal nach antiklinal soll, nach Stapff, die Beugung des Gefälles in der Biaschina verständlich machen (Lt. 13 Bd. 33 p. 609): „Die antiklinale Spalte der unteren Leventina ist tiefer gerissen oder erodiert als der den Schichten folgende Cannon der oberen; deshalb besitzt der Übergang starkes Gefälle und der Tessin stürzt hier aus Fall in Fall.“ Er hat für diese Stufe also scheinbar eine tektonische Daseinsberechtigung gefunden, ähnlich derjenigen von Stalvedro und Dazio grande, nur versteckter, und mit dem anderen wichtigen Unterschied, dass das Tal an dieser Stelle keinen anstehenden Damm, sondern nur einen Knick aufzuweisen hat. Frappant soll sich diese Erscheinung im Verhalten der Talflanken ausdrücken: wo steile, apere Klippwände urplötzlich aus dem Talboden aufsteigen, fallen die Gneisschichten bergwärts ein; solche Wände trifft man in der mittleren Leventina nur auf der Südwestseite an, in der unteren aber fassen sie das Tal auf beiden Seiten ein. Diese ist eben ein Antiklinal-, jene ein Isoklinaltal.

Uns interessieren jetzt aber besonders „die Schuttmassen, welche das Tobeltal der Biaschina verlegten.“ Hält Stapff mit Hellwag dafür, dass sie glazialer Abkunft seien oder führen ihn seine Eindrücke zu anderen Annahmen? Zunächst kann es dem Beobachter nicht entgehen, dass der Schuttwall unmittelbar der Mündung eines verhältnismässig grösseren Seitentales vorliegt, und er wird sich ohne Zweifel sagen, dass da wohl eher eine Lagebeziehung als ein blosser Zufall bestehe. Das Seitental ist das Val Chironico, sein geologischer Faktor der Ticinetto. Dieser „kleine Tessin“ hat sich in den ihm unbequemen Trümmerhaufen eingefressen und zum Tessin hindurch gebahnt.

Die so entstandene Zweiteilung des Schuttberges hat dazu geführt, dass jeder Abschnitt seine eigene Benennung erhielt: der obere Flügel führt die Lokalbezeichnung Ruvina, nach seiner rüfigen Beschaffenheit wahrscheinlich, der untere ist der Monte Pellegrino, nach der Wallfahrtskirche für Beinleidende, die auf ihm steht.

Der Bau der Gotthardlinie hat am Fusse des Monte Pellegrino, da ungefähr, wo zur Zeit die Station Giornico steht, einen Aufschluss geschaffen, der Stapff zugutekam, er hat denn auch seine Folgerungen daraus gezogen. Sein Profil begreift einen Anschnitt von rund 20 m Mächtigkeit in sich, mit dem Niveau der Bahnlinie von 441 m als Basis. Ich lasse Stapff selber sprechen (Lt. 16 Bd. 34 p. 70):

„Aus meiner Profilskizze ersieht man, wie auf einer Grundmoräne von ca. 10 m Mächtigkeit (über dem Horizont 441 m) grobe kantige Blöcke einer Endmoräne 2 m hoch lagern. Auf diesen ist das eigentliche Schuttkegelmaterial abgesetzt: wechselnde Schichten von grobem, aber geschichtetem Schutt mit zwischengeschobenen Sandlagen; feiner ungeschichteter Schutt usf. Die Schichten scheinen horizontal zu verlaufen, weil der Anschnitt ihrer Streichrichtung folgt; in Wirklichkeit fallen sie der Böschung konform talwärts ein. Da die meisten derselben sehr deutlich verwaschene regelmässige Geschiebe- und Sandstraten enthalten, so scheint der Schuttstrom in ein Wasserbassin geflossen uud während seiner Ablagerung aufbereitet zu sein. In den geschichteten Bänken des Pellegrino-Schuttkegels habe ich über der Grundmoräne nur Gesteine gefunden, welche im Val Chironico anstehen."

Dazu habe ich zu bemerken, dass es nicht wohl angeht, aus 6—8 m geschichtetem Schutt, den man angetroffen hat, auf die Konsistenz des ganzen übrigen darüberliegenden Berges zu schliessen, der noch etwa 200 m höher hinaufreicht. Auch wird man grobe Erratika von höchstens $2^1/_2$ m hoher Aufhäufung kaum mit Sicherheit als Endmoräne unterscheiden und abtrennen können.

Am einfachsten, meint Stapff, wäre es gewesen, den ganzen Monte Pellegrino und wohl auch die Ruvina als einen simpeln Schuttkegel aufzufassen, er glaubt jedoch durch den Befund seines Profils von dieser Deutung etwas abweichen zu müssen und vermutet, um die Schichtung, der er darin begegnet ist, mitzuerklären, einen Absatz des Materials in stehendem Wasser. Damit wäre zugleich eine andere Frage gelöst, er meint die beinahe ebene Oberfläche, die Terrassenform der Ablagerung. Natürlich kommt ihm seine Vorstellung vom pliozänen Tessinfjord hier sehr zu statten, in diesen also hätte sich der grosse Trümmerwall als enormes Wildbachdelta aus dem Val

Chironico heraus ergossen. Doch nein: Das Material muss in postglazialer Zeit hierher disloziert worden sein, ruht es doch einer mächtigen Grundmoräne auf, und sonst hätte der grosse Gletscher es doch längst wieder ausgeräumt. Gut, man kann ja der Schwierigkeit dadurch begegnen, dass man dem Gletscherrückzug das Meer wieder auf dem Fusse folgen lässt und in diese letzte, nur kurze Zeit währende Transgression das Val Chironico-Delta sich hineinbauen sieht. Aber warum hat dieser marine Vorstoss keine Fossilien gebracht? Stapff ist sich bewusst, dass ihn dieser Gedankengang zu keinem befriedigenden Ziel bringt, er sagt selber: „dies klingt sehr kompliziert und wenig wahrscheinlich." Am liebsten möchte er das Problem durch Annahme eines Binnensees anstatt des Meeres lösen, doch fehlt heute ein Abschluss, „man wolle denn Gebirge konstruieren, da wo jetzt die Täler sich erweitern, verflachen und in die Ebene einmünden" (Lt. 16 Bd. 34 p. 72).

Für die „Piano" di Chironico steht ihm noch eine zweite Deutung zur Verfügung; die übermässige Schuttlieferung aus dem Nebental hat das Haupttal geschlossen und damit dessen Strom zum Stehen gebracht, oder, wenn es sich um einen Fjord gehandelt hat, diesen subaquatisch geteilt, so dass nach dem Abflauen der marinen Wassermengen unterhalb, oberhalb nur ein gestauter Binnensee zurückblieb. In beiden Fällen musste der See einen Abfluss haben, denn er wurde vom Niederschlagswasser der ganzen oberen Talpartie bis zum Gotthardgebirge hinauf unablässig reichlich gespiesen. Dieser Überfluss kann ein anfangs seicht und breit abfliessender Strom gewesen sein, „der die Oberfläche des Schuttwalles planierte und die groben Blöcke auf dem Plateau von Chironico liegen liess" (Lt. 16 Bd. 34 p. 543).

Mit Recht geht Stapff nicht achtlos an diesen Blöcken vorüber, er drückt sich in einer Anmerkung noch besonders über sie aus (Lt. 16 Bd. 34 p. 70): „Manche dieser Blöcke sind aber von der rückwärtsliegenden Klippwand erst nachträglich abgestürzt; und einige in loco verbliebene, obwohl vom anstehenden Gestein losgetrennte und meist etwas verschobene Klippen. Die Gleichaltrigkeit des Glimmergneisses, aus welchem diese Blöcke bestehen, erschwert die Deutung ihrer Herkunft."

An einer Stelle gibt Stapff auch dem Gedanken Raum, der Pellegrinoschuttkegel über der auf seinem Profil erwähnten Moräne könnte ja schliesslich auch eine unter Wasser aufgeschüttete und deshalb geschichtete Stirnmoräne des Val Chironico-Gletschers sein, entweder von diesem direkt hier deponiert oder mittelbar und aufgearbeitet durch dessen Gletscherbach. Nach Stapff hielten die Gletscher nur

den unteren Teil, vielleicht ein Drittel der Talrinnen besetzt, in die zwei übrigen Drittel teilten sich abhangaufwärts ziemlich gleichzeitig Waldbestand und vegetationsloser nackter, steilgeböschter Fels. So kommt es, dass er die einmündenden Seitengletscher, falls sie, wie bei Chironico, auf einem Plateau ins Stammtal austreten, ihre primäre Strömungsrichtung auf diesem Plateau noch beibehalten lässt, die Verschmelzung mit dem Strunk also auf einem bedeutend tieferen Niveau als heute angenommen wird, und näher der Haupttalachse annimmt.

Der nächste, der sich über die in Betracht gezogene Gegend der Leventina aussprach, war A. Penck. Penck erwähnt nochmals die steilwandigen livinentaler Tröge, erklärt sie selbstverständlich glazial, sieht in der Dazio grande eine durch verschiedene Gesteinshärte bedingte Stufe, die ihn an einen Trogschluss erinnert; er beobachtete Gletscherschliffe in unbeträchlicher Höhe über dem Tessin, gegenüber Faido, nimmt das Steilerwerden der mit Rundbuckeln massenhaft versehenen Talseiten von da an abwärts gewahr und schiebt diesem Umstand die Schuld zu, „dass oberhalb Giornico die eine Talfläche abgerutscht ist und zu einem gewaltigen Bergsturze Veranlassung gegeben hat, dessen in Gestalt von Tomahaufen verbreitete Trümmer die Bildung einer 200 m hohen Talstufe bedingen“ (Lt. 48 p. 800). Also begegnet uns einmal eine andere Stimme; in der Biaschina soll ein kolossaler Bergsturz liegen. Leider gibt Penck nicht an, von welcher Seite er die Bewegung vermutet, ich nehme an von der linken, er wird das Wort „abgerutscht“ absichtlich verwendet haben.

Im Geographischen Lexikon der Schweiz (1902) steht unter „Chironico (Piano di)“ (p. 495) folgender eine Satz, den ich unverkürzt wiedergeben kann: „Gemeinde Chironico, auf dem flachen Rücken der grossen Moräne, die von der Biaschina in engem Durchpass durchschnitten wird.“ Ich weiss nicht, von wem der Satz stammt und kann somit nicht beurteilen, ob die Bezeichnung Moräne wissenschaftlichen Ernst beansprucht oder nicht, immerhin ist interessant, dass dieser Begriff hier wieder auftritt.

1909 enthält die Schweizerische Techniker-Zeitung einen Artikel von Eug. Lienert, einem Geometer von Bodio, über den Bau der Biaschina-Anlage. Natürlich ist sein Augenmerk nicht naturwissenschaftlichen Dingen zugewandt, sondern eben der technischen Anlage der Wasserfassung zwischen Lavorgo und Bodio. Das Kanalwasser ist Tessinwasser, es wird zika 150 m unterhalb der Station Lavorgo in einem besonderen Bassin abgefangen, filtriert und weitergeleitet, zunächst nach Lienert 500 m weit durch Moräne, dann aber in einer

Galerie durch z. T. stark geschichteten, z. T. granitartigen Gneiss mit stellenweisen Quarzeinlagerungen."

Nicht nur das lose Material war dem Kanalbau beschwerlich, auch das durch den Fels geplante Tracé hatte seine Eigenheiten, man stiess auf Unvorhergesehenes und wurde dadurch sogar zu Abweichungen gezwungen. Und dieses Unvorhergesehene ist gerade vom grössten geologischen Interesse für uns; hier hat uns die Technik wieder einmal etwas aufgeschlossen, was wir ohne sie gar nicht hätten vermuten können (Lt. 47 p. 84):

„Zirka 400 m von der Stollenmündung ‚Ticinetto-Nord' stiess man plötzlich unerwartet auf ein altes, durch Moränenmaterial aufgefülltes Bachbett des Ticinetto und bohrte bedeutende Quellen an, ca. 40 l/sek. Man sah sich mit Rücksicht auf Zeit- und Kostenersparnis zu einer Umgehung des Bachbettes veranlasst. Aber erst eine seitliche Ausweichung von 150 m gegenüber dem ersten Tracé führte zum Ziel, nachdem vorher zwei weitere Versuchsstollen wieder auf das angefahrene Bachbett stiessen." Lienert unterscheidet also ein fossiles Bachbett von einer Ausfüllung desselben durch glaziale Ablagerungstrümmer, also nicht durch Bachschutt. Auch von Lienert kann ich nicht wissen, bis zu welchem Grad er geologisch geschulte Augen besass, oder ob er vielleicht nicht Selbstgesehenes, sondern nur die Eindrücke von Ingenieuren wiedergibt; aber ausser Escher und Penck haben alle bisher zitierten Beobachter Moräne angegeben und das scheint mir mehr als ein blosser Zufall zu sein.

Wenig später hat Herr Prof. Schardt eine kleine, wie er sagt, provisorische Schrift über den Bergsturz von Chironico veröffentlicht. Er ist der erste, dessen Interesse ausschliesslich diesem Naturphänomen als Hauptthema gilt; bei Anlass einer Expertise hat er seine diesbezüglich niedergeschriebenen Ansichten gewonnen. Auch ihm musste natürlich zuallererst die Abnormität im Längsprofil des Tales in der Biaschina auffallen und an diese Tatsache knüpft er seine Besprechungen an.

Zwischen Lavorgo und Giornico fällt der Talboden auf der kaum 5 km langen Strecke um 240 m und zwar ungleichmässig, zuerst steiler in enger Schlucht um 170 m auf 3 km, dann bedeutend flacher in etwas erweitertem Tal um 70 m auf zirka 2 km, zwischen Station und Dorf Giornico. Oberhalb und unterhalb der genannten Ortschaften ist die Gefällskurve eine sehr ausgeglichene, nur schwach geneigte Linie, die auf 6—8 km um kaum 100 m fällt, und das Talquerprofil ist bei annähernd ebenem Boden mehr als 500 m breit und offen. Sowohl für die mittlere wie für die untere Leventina nimmt Prof. Schardt

eine Aufschüttung der Erosionsrinne mit Alluvionen von mehreren hundert Metern Mächtigkeit an, erst in solcher Tiefe stiesse eine Bohrung auf den festen gneissigen Untergrund, der die Klippwände beiderseits verbindet. Die Biaschina bildet also, wie schon gesagt, ein Zwischenstück, das nicht recht in den übrigen Talverlauf passen will. Oberhalb und unterhalb dieser eingeschalteten Strecke sinken steile Wände rechts und links sozusagen unvermittelt in die Tiefe, hier und da sind ihnen Schuttkegel oder Sturzhalden vorgelagert. In der Biaschina selber ist es etwas anders, hier ist nur die linke Seite eine einheitlich-felsige Wand, in ihr sind auch die Kehrtunnel der Gotthardbahn angelegt worden; rechter Hand kann man lange nach anstehendem Gestein suchen, hier türmt sich ein ganzer Hügel aus grossen und kleinen Gneissblöcken bis zur Meereshöhe von 810 m auf und stützt die dahinter verborgene kleine Ebene von Chironico (750 m). Prof. Schardt sagt nachstehendes von diesem Blockhügel (Lt. 51 p. 2): „Cet entassement de blocs est sans contredit attribuable à un grand éboulement“ und versetzt seine Entstehung in einen prähistorischen Zeitabschnitt zurück. Er leitet ihn von einer der höherliegenden Talflanken her und gibt der Nordostseite bei weitem den Vorzug. Bei Lavorgo ist das obere Ende dieser Trümmerablagerung, der Weiler Nivo liegt auf einer sanfteren Böschung derselben; dann erhebt sich die Masse schnell zu ihrem Höhepunkt um ca. 250 m über den Tessin und wahrscheinlich 400 m über den wirklichen geologischen, den felsigen Talboden. Der steile Abhang wurde später vom Tessin seitlich erodiert und kam dadurch an verschiedenen Stellen zum Nachrutschen. Diese nackten Stellen sind die geeigneten Punkte für eine Materialdiagnose der Ablagerung. Prof. Schardt schreibt darüber wie folgt (Lt. 51 p. 3): „On y trouve guère de galets roulés ni du sable lévigué par l'eau. L'état de division du matériel fin est dû à la trituration au cours de l'entrechoquement, des pierres lors de la chute de l'éboulement.“ Doch nicht nur das, auch morphologische Gründe sprechen gegen diese Hypothese. Eine Endmoräne lässt auch seitliche Wallmoränen den Talwänden entlang erwarten und eine dazwischen eingefasste Depression, ein glaziales Zungenbecken; etwas Derartiges trifft man aber auf der Höhe von Chironico nicht an. Der Blockhaufen lehnt sich eine Strecke weit an die Felsterrassen an, überbrandet dieselbe und fällt dann in der Längsrichtung allmählich aber unaufhörlich ab, um schliesslich bei Giornico, wo die Barolgia in den Tessin mündet, ganz zu verschwinden. Diese Oberflächengestalt ist kein Argument für eine Ticinettoendmoräne, und überdies spricht auch die Gesteinsbeschaffenheit der Trümmer wider eine solche

Vermutung. (Lt. 51 p. 4): „Il y à presque exclusivement des blocs de gneiss grossier, identique à celui qui constitue tout le flanc N-E de la grande vallée, de même que le flanc S-W à partir du Val Chironico vers le S-E; les micaschistes qui constituent tout le flanc gauche et le haut du Val Chironico y font défaut.“ Es bleibt uns also keine andere Wahl, als den Blockhaufen als Bergsturz anzusehen, der von der Nordostseite des Haupttales herabgebrochen ist; da jene Talseite an dieser Stelle kein Nebental liefert, ist die Annahme einer Moräne von dorther wiederum von der Hand zu weisen. Und in der Tat, der Monte di Sobrio hat ein charakteristisches Gehänge; mit 30—35° Neigung fallen seine Gneissplatten talwärts ein. Einem solchen Gebirgsbau musste die fortschreitende Talbildung seinen inneren Halt bedeutend herabsetzen; fluviale Erosion zuerst und glaziale nachher unterschnitten die Gneisstafeln, die aus bedeutender Höhe auf ihren Ablösungsflächen zu Tale glitten und sich dort, in Blöcke aufgelöst, wieder festsetzten.

Im Niveau von rund 1000 m Meereshöhe zieht sich eine gutausgeprägte, sanftgeneigte Terrasse dem Monte di Sobrio entlang, darauf liegen die Siedelungen Calonico, Anzonico, Cavagnago u. a. Prof. Schardt will diese Terrasse mit dem Bergsturz in genetischen Zusammenhang bringen, ähnlich wie er von der für sich und höher gelegenen kleinen Terrasse von Cô sagt (Lt. 51 p. 4): „aussi la terrasse de Cô au N-E de Calonico pourrait également avoir pour cause un glissement de terrain.“ Anzonico würde das Zentrum des Abrissgebietes besetzt halten, das im Nordwesten Calonico noch umschliesst, und im Südosten bis Segno, also nicht mehr ganz bis Cavagnago reicht. Ob die Fortsetzung der Terrasse über Cavagnago hinaus noch mit einzubeziehen ist, will er dahingestellt sein lassen, für unmöglich hält er es nicht. Handelt es sich um einen einzigen Bergfall oder um eine Mehrzahl dieser Erscheinung? Diese Frage lässt sich nicht mit Sicherheit beantworten; die Ablagerung deutet aber auf eine Einzahl hin, sie hat nur einen Gipfelpunkt und scheint von ihm aus in der Talrichtung geflossen zu sein. Andererseits sieht das Abrissgebiet nicht sehr einheitlich aus; Prof. Schardt hat es auf seinem Kärtchen sogar dreigeteilt; falls jemals nachgewiesen werden könnte, dass drei Stürze stattgefunden haben, würde jeder dieser Ausschnitte mit einer seiner Bergsturznischen korrespondieren. Ein Feld enthält Calonico und Anzonico, das mittlere liegt zwischen diesem Ort und Motta und das dritte reicht von da bis Segno.

In einem weiteren Kapitel führt der Verfasser die Folgen aus, die der Bergsturz von Chironico nach sich gezogen haben muss. Die

Ablagerung hat sich mit einem Schlag drei Wasseradern entgegengelegt, dem Stamm und zwei Zweigen. So nimmt Prof. Schardt eine vorübergehende Seebildung aus Tessin- und Ticinettowasser an, oberhalb Lavorgo einerseits, am Ausgang des Val Chironico andererseits. Vorübergehend deshalb, weil kräftige Geschiebeführung energisch für eine rasche Ausfüllung des Staubeckens mit Alluvionen wirkte und ausserdem der Überfluss mit seinem grossen Gefälle sich jeweils in verhältnismässig kurzer Zeit tief in seine neue Unterlage einfressen konnte. Der See von Lavorgo könnte anfänglich bis nach Faido hinauf gereicht haben, sein Abfluss hat die Biaschina ausgegraben; dass diese sich so eng an die linke Talseite anschmiegt, ist ein Beweis mehr dafür, dass die Sturzmasse von diesem Abhang abstammt und schon primär auf der gegenüberliegenden Seite am höchsten aufgehäuft lag. Der See von Chironico war viel kleiner und seichter, er könnte sich nach Prof. Schardt, zuerst Lavorgo zu über die Piano di Chironico entwässert haben, wäre dann mit der Zeit durch Geröllschutt aus dem Val Chironico verlandet worden, das dem ehemaligen Abfluss den Weg verlegte und ihm seine heutige Richtung für immer aufzwang. Heute mündet der Ticinetto etwas oberhalb der Station Giornico in den Tessin, in der unteren Biaschina. Sein Lauf von Chironico bis dahin ist epigenetisch, d. h. er ist ganz neu geschaffen, die alte Rinne ist vom Bergsturz zugedeckt worden. Dieses jüngste Endglied des Val Chironico, wenn man so will, ist noch in voller Entwicklung begriffen, ähnlich wie die ebenfalls epigenetisch angelegte Biaschina; das offenbart sich in der Unsicherheit der provisorichen Böschungen.

Denkt man sich von der Ticinettoschlucht an abwärts den ganzen Trümmerzug weg, so ist leicht ersichtlich, dass bei diesem Zustand, und a priori war er so, die Bäche aus dem Val Osadigo und dem Val Folda, ihrer Talrichtung folgend, geradeaus in den Tessin weiterfliessen konnten; demnach mündete die Barolgia etwas unterhalb der Station Giornico, direkt unter S. Pellegrino in denselben ein. Heute muss sie bei Tirolo ein Knie machen und in einem Abstand von 300 m dem Tessin parallel 2 km weit talabwärts folgen, bis sie sich unterhalb Castello, dem Ausläufer der dazwischen geratenen Bergsturzmasse, endlich mit ihm wieder zusammenfindet; dadurch wird die Folda, die einst ein unmittelbarer Nebenfluss des Tessin war, diesem von der Barolgia aufgefangen und ihr tributär gemacht. Prof. Schardt gibt diesen Verhältnissen auf seinem Kärtchen graphischen Ausdruck.

Auf das hin folgt ein kurzes Kapitel über die Dimensionen der Blockablagerung und die Zeit, in der sie vermutlich erfolgte. Nach der Karte beträgt ihre Länge ungefähr 6 km, die mittlere Breite

ca. ½ km und die Höhe schätzungsweise 150—170 m, das ergibt ein Volumen von 500 Millionen m^3, wobei die vom Tessin und seinen Zuflüssen schon wieder weggeräumte Schuttmasse ausser Acht gelassen wurde. Diesem Volumen muss ein verhältnismässiger Hohlraum in der Abrissnische entsprechen, doch sind ihre Masse noch schwieriger zu eruieren als diejenigen des offen daliegenden Bergsturzwalles. Ihre Länge mag 5 km erreichen, die Breite 1 km und die Höhe im Durchschnitt ungefähr 150 m. 600 Millionen m^3 Sturzmasse könnten annähernd dem wirklichen Betrag äquivalent sein. Prof. Schardt betont jedoch ausdrücklich, dass es sich hier nicht um mathematische Genauigkeit handelt, sondern eben mit einer Schätzungspräzision sein Bewenden haben muss.

Was das Alter des Bergsturzes anbelangt, so lässt die Beobachtung am Ort keinen Zweifel darüber, dass er postglazial sein muss; somit nimmt auch er teil an der überaus grossen Zahl vorgeschichtlicher Bergstürze, die genetisch an die Zeit des grossen Eisschmelzens am Ausklingen des Diluviums geknüpft sind. Die Gletscher haben nach Prof. Schardt, besonders durch seitliche Erosion gewirkt; sie haben dadurch ihre Ufer unterminiert und sie mit unterschobenem Eis gestützt. Als dieses nicht mehr bestehen konnte, fielen die untergrabenen Wände krachend ein.

Da man aber in den Alpen wenigstens drei Gletscherzeiten unterscheidet, ergibt das von selbst ebensoviele Eisrückzugsperioden, und was man an Begleiterscheinungen für die letzte derselben annimmt, muss man logischerweise auch den vorangegangenen zubilligen. Man könnte sich also vorstellen, dass etliche grosse Trümmerhaufen das Resultat wiederholter Stürze seien, da sich die gleichen Erscheinungen gerne an bestimmte, für sie disponierte Stellen halten. Schaut man den Bergsturz von Chironico darauf hin an, so erscheint er wie aus einem Guss erstellt, man bemerkt nichts von einem Aufbau oder Anbau späteren Datums, es müsste schon die jüngste Auflage die ältern vollständig bedeckend einhüllen. Ist dem so, dann sind zwei der bezeichneten Teilfelder der Abrissnische vor dem letzten Gletschervorstoss, also in einer Interglazialzeit entstanden.

Das vierte Kapitel bespricht die Enthüllungen, die der Kanalbau gebracht hat. Diese Arbeit wurde in den Jahren 1907—1910 von der Gesellschaft „Motor“ ausgeführt und von zwei Seiten begonnen. Sie verlief nicht plangemäss; man stiess etliche Mal aus dem festen Fels hinaus in wasserführenden Schutt, in dem ein weiterer Vorstoss so hinderlich gewesen wäre, dass man es vorzog, das Tracé zu verlängern, dafür aber in solidem Gestein zu verbleiben. Nach der

Rolle'schen Karte hätte man die Bahn am besten von Anfang an gradlinig gewählt, alle Ingenieure haben aber, unabhängig davon, eine bogenförmige projektiert und waren so noch genötigt, die Krümmung der Linie zu vergrössern, indem sie 460 m vom Südportal aus dem Gneissgebirge herausgeraten waren. Die nun ausgebaute Galerie streift ungefähr das Dorf Chironico, allerdings unterirdisch in etwa 150 m Tiefe, statt 100 m östlich davon vorbeizuführen. Dieser Stollenbau hat uns zwei bemerkenswerte Ergebnisse gezeitigt: erstens hat er einigermassen Klarheit gebracht über den Verlauf der Grenze von kompaktem Gneissfels und angelagertem Schutt, und zweitens hat er ein verborgenes altes Bachbett, wahrscheinlich des Ticinetto, entdeckt.

Gleichzeitig wie auf den Schutt war man auf beträchtliche Wassermengen getroffen; durch Färbungsversuche wurde von Prof. Schardt ermittelt, dass diese nicht vom heutigen Ticinettobett heruntergesickertes Infiltrationswasser bedeuten, es handelt sich da vielleicht um fossiles Wasser des primären Flusslaufes, das durch die Alluvion nicht verdrängt worden war; oder es stammt von unterirdisch austretenden Felsquellen, die das Trümmermaterial imprägnieren. Das Austreten der angestochenen Wasser in den Stollen hatte ein Versiegen mehrerer Oberflächenquellen zur Folge.

Das letzte Kapitel ist gewissermassen ein Anhang und rückt den behandelten Gegenstand durch Vergleiche mit anderen Erscheinungen derselben Art in das richtige Licht. Der Bergsturz von Chironico erhält seinen Rang, er steht in der Grössenordnung an vierter Stelle: allerdings übertrifft seine Masse diejenige des Sturzes vom Diablerets (1714) um das Dreifache, doch ist er selber am Flimser Bergsturz gemessen, nur ein Zwölftel desselben und ein Fünftel der Masse, die bei Sierre aufgehäuft liegt.

Im Jahre 1912 ist die letzte Abhandlung erschienen, die sich u. a. auch mit dem Bergsturz von Chironico befasst, es ist dies eine gründlich durchdachte, durchgehend kritisch gehaltene morphologische Studie mit der Überschrift „Die Übertiefung des Tessingebietes“ von Dr. H. Lautensach.

Ebenso wie die Stufenmündungen für die untere Leventina typisch sind, ist die Terrassenbildung für die tessinische Landschaft ungemein charakteristisch. Das erinnert an die Strandhorizonte Stapffs. Lautensach hat drei Terrassensysteme besonders ausgeschieden; da er in ihnen Vorgänger der heutigen Talsohle wiedererkennt, hat er sie besonders studiert und mit Namen belegt. Der oberste dieser Horizonte heisst nach ihm Pettanettotalboden, der mittlere Bedrettotalboden und der unterste und jüngste Sobriotalboden; die Benennungen sind

der Siegfriedkarte entlehnt und deuten zugleich auf die Lokalitäten hin, bei denen die Erscheinung besonders deutlich erhalten geblieben ist. Der Bedrettotalboden ist im Tessin überall der durchgängigste und prägnanteste und ausserdem deshalb noch besonders von den andern zu unterscheiden, weil er eine sehr wichtige morphologische Grenze ausmacht: über seinem Niveau existieren keine Gebilde des glazialen Formenschatzes, darunter aber sind sie Alleinherrscher, ausgeprägteste Übertiefung drängt sich da dem Auge auf. Da die Entstehung der Übertiefung ins Eiszeitalter fällt, ist der davon unberührte Bedrettotalboden als präglazial zu erachten, ebenso der Pettanettotalboden, der ja ein noch höheres Niveau einnimmt. Lautensach hält diesen für wahrscheinlich pliozän. Die Sobrioterrasse liegt tiefer als der Bedrettotalboden, sie muss also jünger, d. h. im Diluvium gebildet worden sein; das geschah sehr wahrscheinlich in einer Interglazialzeit, denn sie trägt viele Merkmale fluviatiler Entstehung auf sich, die trotz der letzten Eiszeit, in der die darunter eingetiefte Leventina geschaffen wurde und ihre heutige Form bekam, nicht unkenntlich geworden sind. Demnach sind also nach Lautensach alle drei ausgeschiedenen Terrassen Überbleibsel alter Talböden fluvialer Bildung, davon zwei präglazialen Alters wären und eine interglazial.

Von Seite 43—47 seiner Monographie bespricht Lautensach auch den Bergsturz von Chironico. Seine mehrtägigen Begehungen des Gebietes lassen ihn die Vermutung Pencks bestätigen, dass die Blockablagerung Bergsturznatur besitze.

„Die fast stets frischen Blöcke“, sagt Lautensach (Lt. 55 p. 44), „dieser ganzen Schuttablagerung von Chironico bestehen fast ausnahmslos aus einem ebenmässig stratifizierten, typischen zweiglimmerigen Gneis, wie man ihn zum Beispiel am linken Talgehänge bei Anzonico anstehend findet. Ich fand nur einen einzigen, sehr stark verwitterten Glimmerschieferblock, der sich offenbar auf tertiärer Lagerstätte befindet. Nirgends fand ich eratisches Material des Tessintales oder die auffälligen Gesteine der oberen Val Chironico darunter. Darnach lassen sich keine Anhaltspunkte finden, die eine Moränennatur der Ablagerung wahrscheinlich machen könnten. Alles weist vielmehr darauf, dass es sich um lokales Material handelt, das gegen das rechte Tessingehänge angeworfen wurde. Dieses geschah offenbar allein unter Vermittlung der Schwerkraft, so dass es sich um einen Bergsturz handelt“. Auf der nächsten Seite (45) fährt er fort: „So sicher mir dieser Schluss auch zu sein scheint, so schwer ist es, eine Ausbruchsnische zu finden, die diese gewaltigen Trümmermassen geliefert haben kann“; etwas weiter unten ist Lautensach zu folgendem

Resultat gelangt: „Die Frage nach dem Ursprungsort des Bergsturzes muss demnach noch eine offene bleiben, desgleichen bleibt die ebene Oberfläche der Ruvina noch ein Rätsel.“ Dass die rechte Seite den Trümmersturz nicht geliefert haben kann, ist ohne weiteres klar; ersichtlich einerseits aus petrographischen Gründen und noch augenscheinlicher dadurch, dass in dem Fall doch in erster Linie die Terrasse von Grumo die Hauptlast zu tragen bekommen hätte, diese ist aber im Gegenteil frei von Sturzmaterial.

Die von Penck so genannte Tomalandschaft von Giornico mit dem Hügel von Castello und einem kleinen Hügel nahe unterhalb wird auch von Lautensach unverzagt ohne Begründung mit dem Bergsturz von Chironico vereinheitlicht, jedenfalls bloss deswegen, weil diese beiden Erhebungen auch grosse Gneissblöcke tragen und weil zwischen ihnen und der auf grossem Haufen verbliebenen Masse ein gleichmässig abfallendes Gelände eine morphologisch bestechende Verbindung vermittelt und dieses Bindeglied auch aus losem Material aufgebaut ist.

Der Bergsturz von Chironico hat sich direkt vor die Stufenmündung des Val Chironico gelegt und hat sie versperrt; die Erfahrungen beim Bau der Wasserleitung durch die Ruvina haben gelehrt, dass sich der Ticinetto in seinem alten Bett, also vor dem Ereignis schon, tief in seine Stufenmündung eingeschnitten hatte, somit der Sturz jedenfalls in postglaziale Zeit verlegt werden muss; diese Auffassung wird noch durch Beobachtungen von geschichtetem Tessinschutt unter der Ablagerung unweit Lavorgo bekräftigt. „Diese Ablagerungen unter dem Bergsturz“, sagt Lautensach (p. 46), „beweisen, dass dessen Bildung von der letzten Eisfüllung des Tales durch eine eisfreie Zeit getrennt war, während deren der Ticinetto oben sich in seine Stufenmündung einschneiden und unten im Tessintal einen Schuttkegel aufbauen konnte.“

Am oberen Ende der Biaschina steht heute eine Sägerei, ganz in der Nähe vom Standort einer verfallenen Ziegelei. Diese Ziegelei beutete ehemals ihren Tonbedarf an Ort und Stelle aus. Man hatte dort im „Retaeinschnitt“ der Gotthardbahn blaue und gelbe Tone in ausgiebiger Mächtigkeit, auflagernd auf Gletscherschutt, angestochen. Die Witterung hat den blauen Ton z. T. durch Oxydation umgefärbt. „Dem Tone lagern, z. T. in ihn hineingekrochen, mächtige frische Gneissblöcke auf.“ Es ist nichts Ausserordentliches, dass man auch Holzköhlchen darin gefunden hat, ist doch der genannte Ton eine alluviale Ablagerung. (Lt. 55 p. 46): „Strasburger und Wittmack bestimmten auf Anregung G. vom Raths die Hölzer und wiesen Weide,

Arve, Legföhre, Lärche und Erle nach. Ich bin, da diese Pflanzenreste nicht etwa auf einer ausgeprägten Schattenseite gefunden wurden, ganz der Ansicht Stapffs, dass diese Pflanzengemeinschaft auf ein kälteres Klima weist, als es heute in einem Südalpental in 600 m Höhe existiert. Denn wenn diese Bäume auch vereinzelt imTessintal fast bis zu dieser Grenze herunterreichen, so herrscht hier doch heute eine ganz andere üppige Baumflora vor: Kastanie, Nussbaum, Buche, Eiche, Ahorn u. a. Das ausschliessliche Vorkommen der obengenannten Pflanzengemeinschaft im Glimmerton von Lavorgo beweist, dass zur Zeit vor dessen Ablagerung hier ein Klima herrschte, wie es heute nicht fern von der Waldgrenze existiert."

Wir haben früher gesehen, dass man aus bestimmten Gründen den Bergsturz von Chironico nicht unmittelbar auf den Gletscherrückzug folgen lassen darf, dass man vielmehr zwischen beide Ereignisse einen nicht unerheblichen Zeitabschnitt einfügen muss; ist nun andererseits der See von Lavorgo ein Bergsturzsee gewesen, so ist natürlich der Bergsturz älter und seit seinem Eintreten wiederum eine ziemlich lange vorhistorische Zeit verstrichen.

Lautensach hatte sein Kapitel über den Bergsturz von Chironico schon geschrieben aber noch nicht veröffentlicht, als Prof. Schardt seine Arbeit über denselben Gegenstand publizierte. In einer Fussnote (p. 88) kommt er noch kurz darauf zu sprechen, ich will sie wiedergeben: „Schardt kommt zu denselben Ergebnissen wie ich. Nur glaubt er mit grösserer Sicherheit, als mir das möglich ist, zwischen Calonico und Cavagnago eine Ausbruchsnische des Bergsturzes erkennen zu können. Seine Profile veranschaulichen, dass er die zwischen den genannten Orten fortlaufend verfolgbare Terrasse als die Bodenfläche der postglazial entstandenen Ausbruchsnische betrachtet. Dem steht entgegen: 1. dass diese Terrasse, die auch ausserhalb des Bereichs des Bergsturzes in weiter Erstreckung ausgezeichnet zu verfolgen ist, sich zwanglos unserem Sobrioniveau eingliedert, 2. dass dieselbe Terrasse unfern Cavagnago prächtige Rundhöcker und Gletscherschliffe trägt. Nach wie vor erscheint mir die Frage der Ausbruchsnische noch ungelöst."

Damit habe ich die Vorbesprechungen zu meinem Thema erledigt, und ich kann nun dazu übergehen, meine eigenen Beobachtungen daran anzuschliessen; es ist klar, dass diese nur noch den Charakter einer Ergänzung bilden können, nur noch eine Nachbesprechung bedeuten, dass sie die Summe von schon geschauten Tatsachen um ein Weniges noch erhöhen und revidieren, nicht aber durch etwas Neugeschaffenes zu ersetzen vermögen.

Eigene Beobachtungen.

A. Konkrete Tatsachen.

Anstehendes. Der Kanton Tessin ist bekanntlich eine ausgedehnte Gneisslandschaft; die Alluvionen des Sopra Cenere liegen alle in Betten aus einem für einen Orthogneiss gehaltenen, in der Regel massigen Gestein, das seit wenigen Jahren den befugten Namen „Tessinergneiss“ trägt; er mag mit Preiswerk angenommen, eine permo-karbonische Intrusionsmasse vorstellen. Darüber liegen – wenigstens im eigentlichen Val Ticino — metamorphe Sedimente, die auch zu den kristallinen Schiefern zählen und unter dem Namen Paragneisse zusammengefasst werden; diese sind z. T. älter, z. T. jünger als permo-karbonisch, in meinem Gebiet wohl ausschliesslich älter, altpaläozoisch; erst weiter nördlich im Gebiet der Molare- und Bedrettomulde trifft man auch mesozoische Trias-Dolomite und Jura-, Kreide-(Tertiär-)Bündnerschiefer an. Innerhalb des Rahmens meiner Karte sind die Gesteinsschichten grosso modo alle nach der gleichen Himmelsrichtung zugeneigt, nach West-Südwest; d. h. auf der Strecke zwischen Gribbio und Calonico im Norden und Bodio im Süden fliesst der Tessin in einem Isoklinaltal. Stapffs Behauptung, dass südlich der Biaschina bei Giornico auf einmal ein Antiklinaltal anhebe, liegt haltlos in der Luft; ich habe beim Abstieg von Parnasco nach Bodio immer und immer wieder westliches Einfallen der Parallelstruktur konstatiert und an einer Stelle, bei zirka 920 m zu N 55° Streichen [1]), 26° Fallen [1]) gemessen.

Als extreme Neigungswinkel habe ich notiert 12° und 55° überhaupt, im besonderen auf der linken Talseite 15° und 55°, und auf der rechten 11° und 40°. Die Streichrichtungen liegen zwischen N 6° W, also beinahe N-S, bei 1700 m Höhe auf A. Perla und N 82° W, beinahe E-W bei 1600 m auf Monte Osadigo, oder N 80° W, bei 1500 m auf Monte Olina. Alle drei Daten beziehen sich auf rechtsliegende Orte; auf der Gegenseite sind die Schwankungen geringer, sie liegen nämlich zwischen N 20° W, z. B. bei zirka 800 m am Fussweg Lavorgo - Anzonico (und an vielen anderen Stellen) und N 63° W am Wege von Sobrio nach Al Gio bei zirka 1460 m. Ich will nun noch angeben, auf welche Stellen sich die gegebenen Daten für das Fallen beziehen. 15° habe ich angetroffen am Wege Angone-Frigeira bei zirka 1760 m, 55° F. bei zirka 630 m im Steinbruch von Lavorgo an der Strasse nach Anzonico linkerhand; die zugehörigen Streichrichtungen decken sich an beiden Orten und betragen

[1]) Abkürzung in der Folge für Streichen = St., für Fallen = F.

N 20° W; der Steinbruch beutet Tessinergneiss aus, der Fussweg Angone-Frigeira führt bei zirka 1760 m über Paragneiss.

Auf der Südwestseite habe ich 11° F. konstatiert bei 1300 m im Val Cramosina (am Bach), 40° dagegen südlich von Grumo in der Nähe des trigonometrischen Signals, zwischen dem Fixpunkt und der Barolgia bei 820 m. Da diese und weitere Beispiele auf meiner Karte auch bemerkt sind, will ich ihrer hier nicht noch mehr zusammentragen. Im allgemeinen darf man wohl sagen, dass die Gesteinsbänke der ganzen Gegend ein NE-SW-liches Streichen bei ungefähr 30° mittlerem Fallen nach der westlichen Hemisphäre innehalten.

Es ist bekannt, dass granitische Gesteine besonders gerne parallelepipedische bankige Absonderungsformen aufweisen, die durch dreierlei vorherrschende Spaltenrichtungen entstanden sind; ganz gleich verhält es sich mit dem Tessinergneiss, der ja früher ein Tessinergranit war. Auch er ist durch eine Unzahl nahe oder weit voneinander liegender Klüfte, die sich im Raum unter kleinen und grossen Winkeln schneiden, in grosse Bänke und kleine Platten „gespalten". Dieser Zustand ist überall an ihm sehr deutlich wahrnehmbar, aber besonders schön zu sehen an der Fluh, die von Calonico nach der Gotthardstrasse (zum Bahnwärterhäuschen) hinunterzieht und auf deren oberem Ende die Kirche des genannten Dörfchens thront.

Auffallend sind in der Gegend nicht die soliden mächtigen Bänke des Tessinergneiss, sondern diejenigen Stellen, wo er von der Norm abweichend, dünnplattig auftritt. Sie liegen meist in der Nachbarschaft des Gesteinswechsels, also an der Peripherie der Orthogneissmasse gegen die Paragneisszone und hängen wohl mit Schieferung eng zusammen; denn an der Randpartie pflegt der Tessinergneiss gerne seinen massigen Charakter aufzugeben, die deutlichen Orthoklaseinsprenglinge zu verlieren, quarzitischer und schiefriger zu werden; die Biotitlagen zeigen dann die Schieferungsebenen an. Eine solche bemerkenswerte Stelle findet sich bei zirka 900 m Höhe westlich Chironico, am Wege nach dem Wasserreservoir an der Stelle, wo ich in die Karte ein Fallzeichen eingetragen habe. Das Gestein ist dort ganz aufgelöst in kleine Gneissplatten und -täfelchen; dieses absonderliche Verhalten, das einem den Gedanken suggerieren könnte, es handle sich hier um eine andere Gesteinsart, ist älter als die Verwitterung, der man es sonst eventuell zuschreiben könnte.

Entschieden durch Verwitterung ist das Gefüge des Gesteins dagegen anderorts gelockert und damit der Aufbau der Bänke unsolider und labil geworden. Aufschlüsse von solchem, durch eine Unmenge von unbedeutenden und bedeutenden Spalten zerstückten

Tessinergneiss finden sich an der Poststrasse Lavorgo-Sobrio auf der oberen Seite, wo die Strasse nach Anzonico endgültig aus dem Walde führt, zwischen Anzonico und Villa nuova und weiter zwischen Roira und Segno-Cavagnago. Derartige Stellen bilden naturgemäss leicht den Ursprung vieler Schutthalden und so sind denn diese an den bezeichneten Orten auch vertreten mit Blöcken jeden Kalibers und sehr viel kleinem Schuttmaterial. Ich möchte dieses Kapitel nicht abschliessen, ohne noch auf eine mit Gneiss-Mylonit erfüllte, kleine klaffende Spalte aufmerksam gemacht zu haben, die am Wege, der aus der Biaschina nach Anzonico führt, gut aufgeschlossen ist und zwar ungefähr bei 845 m, bevor man den Steg über den Anzonico-Bach erreicht hat; die Kluftflächen fühlen sich glatt an, weil sie mit Serizit übertapeziert sind.

Was die Grenzen zwischen dem Tessinergneiss und den Paragneissen anbetrifft, ist zu sagen, dass ihr tatsächlicher Verlauf jedenfalls, wenigstens auf der linken Talseite viel unregelmässiger, winkliger und komplizierter ist, als ich sie angegeben habe. Meine Grenze ist schematisch gedacht, eine Durchschnittsgrenze; und dies notgedrungenerweise, weil der Gesteinswechsel sich meistens, dem Auge verborgen, unter einer Decke von Gehängeschutt oder Moräne vollzieht, die wenig Lücken besitzt und ausserdem der Übergang aus einem Gestein in das andere bei kristallinen Schiefern sehr oft ein langsam vermittelnder und makroskopisch schwer nachweisbarer ist, besonders bei unfrischem Gestein.

Quellen. Die Quellen muss ich summarisch behandeln; sie treten, ja man kann fast sagen gesetzmässig überall da auf, wo die Vorbedingungen für sie geschaffen sind. An solchen fehlt es in einem mit üppigen Moränen und Schutt besetzten und mit Bergschrund reichlich gesegneten Gebiet nie. Ich kann in der Leventina dreierlei Quellenkategorien unterscheiden: Spaltenquellen, Schuttquellen und Moränenquellen. Von den zirka 140 kleinen und grossen Quellen, die ich in die Karte eingezeichnet habe und die sich auf die zwei Talseiten ziemlich gleichzählig verteilen, sind mehr als neun Zehntel Moränenquellen. Da kommen sie enggeschart, mit nur wenigen Metern Zwischenraum von einer zur andern vor, dort treten sie mehr sporadisch verstreut auf; hier sitzt ein reicher bachbildender Sprudel, dort eine kleine dürftige Quelle, deren Wasser sich im Gras verliert. In der Regel entspringt diese Art Quellen dem oberen Moränenrand, es sind Stauquellen. Am wenigsten sind die Kluftquellen an bestimmte Horizonte gebunden, sie sind in meinem Gebiet gezählt, treten aber meist gleich bei ihrem Austritt ins Freie mit grosser Wasserführung

auf und sind deswegen grösstenteils zur Wasserversorgung der Ortschaften unterhalb gefasst worden.

Prof. Schardt (Lit. 51) berichtet von Quellen an der Felswand von Nivo, westlich und zirka 50 m höher als dessen obere Häusergruppe; er erwähnt sie im Zusammenhang mit dem Wasserkraftstollen durch die Ruvina und zwar deshalb, weil sie mit dem Bau dieser Anlage abgestanden sind. Diese auf seinem Kärtchen als „sources disparues“ in der Zweizahl besonders angegebenen Spaltenquellen verschwanden beim Anfahren einer Wasserader im Zuleitungsstollen zum Bodiowerk bei 684 m vom oberen Eingang, am 19. Februar 1909. Die über dem Südeingang in der Ruvina ebenfalls abgestandenen reichlichen Quellen entsprangen dem Bergsturz und müssen mit den Wassern, die beim Stollenbau, mit Eintritt in das unterirdische alte Ticinettobett, in die Kanalführung hinderlich hereinbrachen, kommuniziert haben. Letztere waren jedenfalls Gewässer, die bis dahin die alten Bachschotter imprägniert hatten. Zu den Schuttquellen, wenn nicht zu den Moränenquellen, gehören u. a. auch die in dem Zwischenstück zwischen dem Steg von Nivo und der Brücke unterhalb, über welche die Poststrasse führt, rechtsseitig in den Tessin mündenden vier kleinen Quellen. Man hat ihretwegen im September 1917 von Nivo aus einen besonderen Kanal gegraben, um ihr Wasser mittelst Pumpwerk in die vorhandene Leitung nach Bodio miteinzubeziehen und so dem winterlichen Wassermangel der dortigen Fabriken einigermassen abzuhelfen.

Die Aufschüttungen auf dem Talboden.

(Oberhalb Lavorgo. In der Biaschina.)

a) Oberhalb Lavorgo. Wir wollen uns jetzt von Faido her langsam der Biaschina nähern, um dann Aufmerksamkeit und Interesse ganz ihr selbst zu widmen. Schon von weitem fällt einem zur Linken das Kirchlein von Calonico auf, es sitzt hoch oben auf einer senkrechten Gneisswand, die zum Tal transversal gerichtet die linke Flanke nach Süden absperrt. An Vorsprüngen dieser Fluh sind zu ihr parallel verlaufende grosse Klüfte zu beobachten, was die von Anfang an vermutliche Ansicht, dass es sich um eine Kluftwand handeln möchte, gut stützt.

Am Fusse dieser Fluh sind Strasse, Eisenbahn und sogar der Tessin genötigt gewesen, einen Bogen nach der Talmitte zu beschreiben, weil der transversalen Felswand ein ziemlich grosser Blockhaufen. eine Bergsturzmasse, vorgelagert ist. Grobgeschätzt mögen da etwa 800,000 m^3 Gneisstrümmer aufgetürmt sein; die Trümmerelemente

sind nicht Splitter oder Scherben, sondern Blockfazies, unter ihnen sind hausgrosse imponierende Blöcke nicht selten. Dieser Bergsturz ist oben bei der Kirche von Calonico abgebrochen und dann auf den Ablösungsflächen weiter talwärts gerutscht; seine Wucht war nicht hinreichend, die Blöcke zu zersplittern, geschweige sie zu zerquetschen und zu zermalmen. Es liegt kein Grund vor, ihm ein hohes Alter zuzuschreiben, er ist, wenn nicht noch in historischer, jedenfalls in spätpostglazial-prähistorischer Zeit niedergegangen.

Dieser Bergsturz, ich will ihn unter dem Namen „Bergsturz von Calonico“ individualisieren, ruht nicht direkt auf dem Talboden auf, sondern auf einer kleinen, rund 25 m hohen, seitlichen Terrasse. Man hat sie sich in der Kriegsnot dem Kartoffelbau zunutze gemacht und dazu ihren Abhang etwas abböschen müssen, was zu Entblössungen führte, die mir Deltastruktur verrieten. Die Straten sind mehr oder weniger steil oder flach, jedoch gleichsinnig dem Tessin zugeneigt. Ihr Material ist nach Grob und Fein sortiert, aber in unregelmässigem Wechsel der respektiven Lagen. Erdige Partien von Sand und Ton sind vorherrschend und wo sie grau-schwarz gefärbt sind, finden sich kleine Holzkohlensplitterchen in grosser Anzahl darin. Das Terrassenniveau ist, barometrisch gemessen, zirka 660 m.

Gehen wir auf der Strasse in der Richtung nach Lavorgo um die nächsten Blöcke einer Schutthalde herum, so gelangen wir alsbald an eine, ebenfalls linksseitig gelegene bemerkenswerte Sandgrube. Sie liegt noch 400 m von den ersten Häusern Lavorgos entfernt und ist über der Strasse noch 30 m mächtig. Ihr Sand ist feinster Glimmersand und enthält im Gegensatz zu andern Stellen wenig tonige Beimengung; in frischem Anstich ist er hellgrau-weiss, oberflächlich aber gelblich-braun gefärbt. Ursprüngliche Schichtung ist heute an ihm keine mehr wahrnehmbar, der Abbau und von oben herabkollernde Schuttblöcke haben sie zerstört; trotzdem kann er eine in einem ruhigen Wasserbecken abgesetzte Ablagerung vorstellen. Möglicherweise streicht er unter dem Schutt, der von da bis Lavorgo wieder alles verhüllend an die Strasse heranreicht, verborgen noch eine Strecke weit südwärts fort.

Beim ersten Haus von Lavorgo kommt, 25 m ob der Strasse ganz auf den Talwinkel beschränkt und an den untersten Teil der Böschung hingedrückt, im Schutze grosser Bergsturzblöcke, ein kleiner Aufschluss limnischen Tons vor. Er setzt auf dem Niveau von zirka 659 m ab und bildet da eine Art Terrässchen, auf dem riesige Gneissblöcke jüngeren Datums aufliegen, zum Unterschied von jenen, die in ihm drinsitzen, die sicherlich älter sind als er. Es gibt so gewaltige

Blöcke, dass sie einzeln für sich im Steinhauerbetrieb abgebaut werden. An einer solchen Stelle, wo man sich genötigt sah, zwei herausschauende einander benachbarte Blöcke nach der Tiefe freizulegen, entstand ein etwa 1 m breites und 3 m hohes frisches Profil zwischen ihnen. Dieser Anschnitt, der vielleicht heute schon eingefallen oder undeutlich geworden ist, zeigte mir klar, dass das feine Sediment sich zwischen die präexistierenden Blöcke hinein niedergeschlagen hat; dünne Konkavschichtung zwischen denselben, unten Ton, oben Sand.

Würde auf dieser Höhe ein Weg links an Lavorgo vorbeiführen, so träfe er gleich nach Überschreitung des nächsten Baches wieder auf eine fein- und etwas diskordant stratifizierte tonige, gut aufgeschlossene Ablagerung; die Straten sind am besten aus einiger Entfernung zu erkennen, ihre Fugen stehen jeweils 2—5 cm übereinander. Nach Fossilien habe ich auch hier vergebens gesucht, man findet im Ton nur kleine eigenartige, konzentrisch gebaute, leicht zerfallende Tongallen, die in Form und Grösse an Eicheln erinnern und den Ausguss von Mauerwespenlöchern vorstellen. Der Aufschluss grenzt südwärts scharf an Moräne an: abgestossene Geschiebe mit leitendem grauem Marmor und Rotondogranit. Hier lag der einzige Marmorfindling, den ich im ganzen Untersuchungsgebiet überhaupt auf der linken Talseite aufgelesen habe. Das obere Niveau ist sowohl für Ton wie für Moräne das gleiche und beträgt zirka 656 m. Obenauf liegt grobblockiger Gehängeschutt, gegen unten schliesst sich allmählich Bachschutt der hier konvergierenden zwei Bäche an; Lavorgo steht auf ihrem verschmolzenen Schuttkegel.

Noch etwas weiter südlich, jenseits des zweiten Baches liegt der Bergwand wieder ein Terrässchen an, ein relativ grösseres, stellenweise ganz horizontales Wiesenterrässchen, darauf ein von überall gut sichtbares Haus; auch hier liegt wiederum unter Bergsturz- und Gehängeschuttblöcken, die bis an die Strasse hinunterreichen, entweder ein horizontaler Absatz sandiger Natur aus stehendem Wasser, den ich etwa 2 m tief aufgeschlossen gesehen habe oder geschiebereiche Moräne, der Form nach ein seitliches Relikt einer vermuteten Hauptgletscherstirnmoräne.

Steigen wir über diesen kleinen Wall auf die Gotthardstrasse hinab und auf dieser weiter abwärts bis zum nächsten Haus, dem letzten Lavorgos oberhalb des Biaschinaeingangs, so haben wir dort zur Linken noch einmal eine zwischen Strasse und Anstehendem eingeschobene klastische Masse zu diskutieren. Sie reicht von da bis nicht ganz an die Strasse Lavorgo-Anzonico hinauf und erlangt an

ihrer höchsten Stelle zirka das Niveau von 630 m. Bei der Fundierung einer Telephonstange konnte ich mich auf kleinstem Umkreis davon überzeugen, dass hier homogener fetter Ton vorkommt, im übrigen ist heute der ganze Absatz mit Gras überkleidet, aus dem da und dort noch Gneissturzblöcke hervorgucken, die uns aber die Stelle nicht aufklären. Wir befinden uns im „Retaeinschnitt“ der Gotthardbahn, den Stapff seinerzeit aufgeschlossen gesehen hat, und lassen uns durch ihn mit den Worten Lautensachs Auskunft erteilen (Lt. 55 p. 46/47):

„Hier fanden sich im heute berasten „Retaabschnitt“ der Gotthardbahn (680 m Bahnstrecke unterhalb Station Lavorgo; 603,4 m Schwellenhöhe) auf „Gletscherschutt“ („Sandkonglomerat“ ?) blaue und gelbe Glimmertone, in 4 m Mächtigkeit angeschnitten, jedoch wahrscheinlich über 40 m mächtig, dem Gehänge flach aufliegend (3° — 11° südwestlich einfallend). Der gelbe Ton ist aus dem blauen durch Verwitterung hervorgegangen. Dem Tone lagern, z. T. in ihn hineingekrochen, mächtige frische Gneissturzblöcke auf. Man fand in dem Ton Nadelholzköhlchen, sowie noch unverkohlte Holzstücke, Rinden, Wurzeln und Zapfen, fast alle gesplittert und gequetscht; kein einziger Baum scheint mit Wurzel und Astwerk direkt an der Stelle seines Standortes eingebettet worden zu sein.“

Anschliessend daran spricht sich Lautensach über den ersten Aufschluss von Sand, den ich erwähnt habe, aus; ich will ihn, auch diese Stelle nachholend, zitieren, weil er die heute dort verwischte Schichtung damals noch konstatieren konnte (Lt. 55 p. 47):

„Ein solcher (Aufschluss) findet sich einige hundert Meter oberhalb Lavorgo. In etwa 15 m Mächtigkeit ist hier nordöstlich der Strasse feiner Sand aufgeschlossen, unten horizontal geschichtet, höher mit ca. 30° in der Talrichtung einfallend. Ganz oben zeigt er eine interessante Doppelfalte,die durch den Druck der auflastenden Gneisssturztrümmer hervorgerufen wurde. Hier geht der Sand stellenweise in Lehm über. In Sand und Lehm finden sich gänzlich verweste Pflanzenstengel.“

Früher hat der Retaton vielleicht noch 10 m höher hinaufgereicht und vielleicht den talaufwärts gelegenen Vorkommen vergleichbar, eine jenen niveaugetreue Terrasse gebildet; dass die grossen Gneissblöcke in den Ton „hineingekrochen“ seien, klingt mir sehr unwahrscheinlich. Hat der Ton ursprünglich eine grössere Mächtigkeit aufgewiesen, so steckten diese Blöcke früher ganz in der weichen Masse drinnen und sind bei der spätern Abtragung erst wieder teilweise zum Vorschein gekommen. Man hat hier eben in bezug auf den Ton

wieder, wie ob Lavorgo, ältere und jüngere Gneissblöcke zu unterscheiden; die jüngeren sind nachträglich das Gehänge hinuntergekollert und auf ihm zum Stehen gekommen.

Ausser dem Schuttkegel des Baches von Anzonico in der Biaschina und den von Rütimeyer schon erwähnten Erosionskesseln in der Wand unterhalb, 50 m über dem heutigen Tessinbett, ist auf der linken Talseite sonst nichts besonderes mehr zu bemerken. Bevor wir aber den Uferwechsel vornehmen, muss ich noch auf die Felsnische ob dem Steinbruch von Lavorgo hinweisen. Ich nenne sie „Nische von Lavorgo“; ihretwegen konnten die Strassenkehren nach Anzonico erst südlich davon anheben. Es ist eine leere, dreieckförmige Nische, deren Hohlraum, nach der Karte gemessen und berechnet, 900 000 — 1 000 000 m^3 umfasst. An der Dreieckbasis ist der Steinbruch angelegt und führt der unterste Strassenabschnitt vorüber; die Dreieckspitze liegt bei zirka 900 m Höhe, wo die Strasse nebenan, bevor sie sich definitiv Anzonico zuwendet, zum letztenmal umbiegt, oberhalb führt der Fussweg Anzonico-Calonico im Walde vorbei. Der Nischenboden fällt mit dem üblichen steilen Fallwinkel der hiesigen Gneisslagen (30° — 35°) tessinwärts ab und ist kahl geblieben. Die Gesteinsmassen, die ehemals den Raum zwischen den Nischenwänden ausfüllten, sind nirgends mehr sichtbar, ihre Ablagerung im Tal ist bereits ausgeräumt. Ob es sich da um einen altpostglazialen Bergsturz handelt oder nicht, muss ich dahingestellt sein lassen, mir scheint die Deutung als eines nebeneinander herlaufenden, allmählichen Vorgangs von Abtrag und Wegräumung des Materials einleuchtender.

Der kleine spornförmige Felsvorsprung auf der rechten Talseite gegenüber Lavorgo heisst Piano della Monda. Er hat offenbar die südlich zwischen ihm und Nivo gelegenen Aufschüttungsmassen, die wir nun begehen wollen, vor der Erosion des Tessin bewahrt. Da liegt zunächst ein wenig ausgesprochener, kleiner Schuttkegel vor uns; er mündet flach in die alluvialen Tessinschotter und wird von einem Bach gespiesen, der in Wasserfällen von Mte. Chesso über Rodont da herunterstürzt und in den Tessin mündet, ich sage ihm „Rodonterbach“. Wir überqueren ihn und stehen nun vor einem viel wichtigeren und grösseren morphologischen Gebilde, das sich von Lavorgo besehen ebenfalls als Bachschuttkegel vorgeben könnte; es kann sich aber nicht als solchen legitimieren und bleibt solange problematisch, als sich uns kein Aufschluss öffnet. Die Masse reicht nicht bis an den Tessin heran, sondern fällt in einem Abstand von stellenweise 100 m mit einer 10 m hohen Stufe von 45° Böschung gegen ein ebenes Vorgelände ab. Die Stufe ist konkav-bogenförmig

und erweist sich als Erosionsrand einer früheren übergreifenden Tessinserpentine.

Man kann sich faute de mieux nur bei den Steinhaufen, die die Leute unter die Kastanienbäume zusammengetragen haben und den Mäuerchen, welche die Wege einfassen, nach dem Geschiebegehalt der grossen Schuttmasse erkundigen; ihnen zufolge steht der Annahme eines Bachschuttkegels nicht viel im Wege. Das Material ist vielfach gut gerundet und besteht zum grössten Teil aus den Gesteinen der Gegend im weitern Sinne; ich habe aber auch weissen und braunen Marmor und Rotondogranit darunter gefunden. Was diese Ablagerung dem Auge kundgibt, habe ich jetzt mitgeteilt, die auf sie anwendbare Diskussion verspare ich auf das nächste Kapitel, wo es dann nicht mehr bloss zu sehen gilt, sondern die gesehenen Tatsachen zu erklären.

Wir sind inzwischen auch auf der rechten Talseite bis hart an den Eingang der Biaschina vorgedrungen und stehen in Nivo. Nivo gehört noch zur Gemeinde Chironico und besteht aus zwei Häusergruppen: Unter-Nivo und Ober-Nivo, wenn wir so wollen. Zwischen beiden hindurch führt eine meistenteils trockene, kleine Bachrinne, die von Chironico herunterzukommen scheint; offenbar handelt es sich um einen älteren Bachlauf, denn schon in ihrem Mittellauf, wenig weiter oben, ist die Furche im Verhältnis zu den paar Tropfen, die sie heute benützen, auch bei Regenwetter viel zu bedeutend. Es liegt auf der Hand, den „Schuttkegel“ von vorhin mit diesem Bachbett in genetischen Zusammenhang zu bringen, doch er liegt schief zu der dann erforderlichen Richtung.

Ich habe schon angedeutet, dass diesen „Schuttkegel“ bei Nivo ein „ebenes Vorgelände“ vom Tessin trenne; ein ähnlich flaches Bodenstück liegt Nivo östlich zu Füssen, etwas höher über dem dort schon mit grösserem Gefälle arbeitenden Tessin und daher eine kleine Terrasse bildend. Beide Flächenstücke, voneinander durch einen Streifen Bachgeschiebe der Rinne von Nivo geschieden, sind aufschlussloses Wiesenareal, beide sind im September 1917 von einem 1,70 m breiten und durchschnittlich 1,20 m tiefen Kanal durchfahren worden, den man zur Fassung und Leitung von vier auf dieser Strecke in den Tessin mündenden Quelladern benötigte; beide haben bei dieser Gelegenheit vorübergehend neben ihrer äusserlichen eine innere geologische Ähnlichkeit zur Schau gestellt. Der Kanal förderte glimmerigen, stellenweise dunkeln humosen Sand feinsten Korns zutage, der manchmal wenig Ton enthielt. Ich habe viele kleine Holzkohlenbruchstücke daraus gesammelt.

Bei Nivo fanden sich hin und wieder kleine Gerölle von Glimmerschiefer in ovaler Form und Rotondogranit, immer kugelrund, im Sande eingelagert, oder es mussten eckige, dem Tracé hinderliche Gneissblöcke herausgesprengt werden; diese mehrten sich mit der fortschreitenden Annäherung an die Poststrasse, die das Terrässchen westlich und südlich einrahmt. Anfänglich glaubte ich auch diese Vorkommnisse für Absätze eines ehemaligen Stausees von Lavorgo und nichts anderes halten zu müssen; es ist sehr wohl möglich, dass sie es sind, möglich ist aber auch, dass es sich um seitliche Hochwasserabsätze ehemaliger Tessinausbiegungen handelt, abgelagert im Aussterbeétat dieser Flusswege. Für das nördliche der beiden in Betracht gezogenen Areale ist uns diese Vorstellung schon geläufig, weil wir dort in der Stufe des „Schuttkegels“ leicht den Rand einer ehemaligen Tessinserpentine wiedererkennen, und weil dieses Stück in unmittelbarer Nachbarschaft des heutigen Flusslaufs, keine zwei Meter höher als dessen Bett gelegen ist. Vom südlichen, bei Nivo gelegenen Flächenstück müssen wir, wenn wir es analog erklären wollen, annehmen, dass es früher als das nördliche vom Tessin verlassen wurde, der sich eine geradlinige, tiefere Furche und grösseres Gefälle links daneben schuf. Dieses Terrässchen liegt etwa 3 m höher als das andere und durchschnittlich 10–12 m über dem Tessin nebenan. Für diese Bildungsgeschichte spricht auch der Schotteraufschluss, den etwa 15 m unterhalb des Flussteges von Nivo der Kanalbau auf kurzer Strecke eröffnet hatte; er zeigte mir, dass die Sande des Terrässchens auf geschichteten Tessingeschieben entweder direkt aufliegen oder sich mit ihnen verkeilen.

Bevor ich die Besprechung der Sande und Tone von Lavorgo abschliesse, muss ich noch einen Satz von Lautensach richtigstellen. Er sagt (Lt. 55 p. 47): „Das Tessintal wird bei Lavorgo durch den Bergsturz von Chironico zu einem Becken verschlossen, dessen Boden bis 629 m mit Tonen und bis etwa 640 m mit teils horizontal, teils deltaartig geschichteten Sanden ausgekleidet wurde. Soweit die Aufschlüsse einen Einblick gestatten, scheinen die Sande von den Tonen in der Regel unterlagert zu werden.“

An Stellen wo Sand und Ton einander überlagern, habe auch ich stets Ton unten, Sand oben gesehen, aber der Ton geht über das Niveau von 629 m stellenweise beträchtlich hinaus. Ob Lavorgo beispielsweise bis mindestens 655 m. Sand liegt an dieser Stelle keiner, vielleicht keiner mehr darüber.

„Alle diese Umstände“, sagt Lautensach, „machen es sehr wahrscheinlich, dass, wie bereits Stapff angenommen, oberhalb des Berg-

sturzes in etwa 650—600 m Höhe zeitweilig ein See existierte." Wenn es ein See war, der diese Tone sedimentiert hat, so müssen wir sein Niveau höhersetzen als 650 m wie Lautensach, ich denke auf allermindestens 675 m. Leider findet man im ganzen Becken von Lavorgo nicht die geringste Spur des ehemaligen Beckenwasserstandes mehr vor.

b) In der Biaschina. Die Aufschüttungen der Biaschina sind schon von Natur so deutlich gegliedert, dass zu ihrer Besprechung die Disposition ohne weiteres gegeben ist; man hat, von Norden nach Süden schreitend, folgende Unterabschnitte auszuscheiden:

α) die Ruvina,
β) der Bergsturz von S. Pellegrino,
γ) die Schuttmasse zwischen Barolgia und Ticino,
δ) die Tomahügel von Giornico.

α) Die Ruvina. Schon 4 km oberhalb Lavorgo haben wir, die Gotthardstrasse abwärtsgehend, eine mehr als 200 m hohe Talsperre sich südlich vor uns aufbauen sehen. Bei Nivo waren wir ihr dann nahe genug, um konstatieren zu können, dass dieser vorgeschobene Riegel nicht anstehend-felsiger Natur ist, sondern aus Felstrümmern besteht. Womit haben wir es hier zu tun? V. Turnau zählt uns die Möglichkeiten auf (Lt. 42 p. 10):

„Wenn es sich darum handelt, die Natur einer aus Gesteinsfragmenten zusammengesetzten Masse festzustellen, so sind dabei vier Möglichkeiten ins Auge zu fassen. Entweder handelt es sich um die in situ befindliche mechanische Verwitterungsschicht von anstehendem Fels, oder um infolge Gebirgsbildung zertrümmertes Material, eine sog. Reibungsbreccie, oder es liegt eine Moräne vor, oder endlich ein Bergsturz."

Wir wollen nun sehen, wie unsere Wahl ausfallen wird. Die Ruvina ist begrenzt im Süden durch die Ticinettoschlucht, im Westen durch das Plateau von Chironico und das Trockentälchen Chironico-Nivo, im Norden ebenfalls durch diese Rinne und im Osten durch den Einschnitt des Tessins, genannt Biaschina. Gegen die beiden Schluchten, diejenige des Ticinetto und des Tessins, fällt sie mit einer steilen Böschung von 60° und darüber bezw. 40° ab. Das ist sehr schön aus der photographischen Aufnahme von Prof. Schardt (Lt. 51) ersichtlich. Natürlich geben solche starkgeneigten Halden, zu deren Füssen beständig fliessendes Wasser erosiv an der Arbeit ist, bei der geringen Kohärenz von Trümmermaterial fortwährend Veranlassung zu Nachrutschungen desselben; dies am ehesten, wenn andauerndes Regen-

wetter die durch das Gewicht des Niederschlagwassers zum Abschlipfen disponierte Schuttmasse überlastet.

Die breite Ablagerung der Ruvinaschuttmasse auf einen Talboden hat diesen ausser Funktion gesetzt und zur Bildung eines seitlich gelegenen epigenetischen Tessinabflusses, der Biaschina, geführt. Ich habe die Unterlage der Ruvinatrümmer nirgends am rechten Gehänge aufgeschlossen gesehen; falls sie durch die epigenetische Einkerbung schon eingeholt und erniedrigt worden ist, kann man das vielleicht deswegen nicht konstatieren, weil der Kontakt von Auflagerung und besetztem Talboden durch das Material der erwähnten Gehängeabrutschungen verdeckt wird. Das der Ruvina gegenüberliegende Ufer wird vom anstehenden Gneiss oder dessen Verwitterungsprodukten bestritten. Einzig im Westen liegt der Schuttberg nicht frei da. sondern angelehnt an die durch ihn jetzt verdeckte Felswand des Plateaus von Chironico, an den Stufenabsatz der Mündung des Val Chironico ins Haupttal und seine nördliche Fortsetzung. die rechtsseitige Haupttalwand.

Ich bin dazu gekommen, für die Ruvina zwei Faziesbezirke auseinanderzuhalten. Die eine Fazies ist einfach und besteht ausschliesslich aus Tessinergneiss, teilweise so fein zertrümmert, dass die einzelnen Blöcke nicht wieder zu erkennen sind, sondern eine verschmolzene. grusförmige Masse bilden (Südabhang gegen die Ticinettoschlucht), teilweise in eckigen Blöcken aller Kaliber oberflächlich auftretend. Die andere Fazies ist zusammengesetzter Natur; ausser den grossen, zuweilen kolossalen Gneissblöcken, die auch sie aufweist, finden sich noch Geschiebe in ihr, von der Basis der Ablagerung an bei Nivo und der Brücke 400 m unterhalb bis hinauf zum Kulminationspunkt von ungefähr 840 m. Diese Geschiebe enthalten ziemlich viele ortsfremde, erratische Elemente und waren dadurch die Ursache dafür. dass Stapff u. a. die ganze nördliche Aufschüttung als Moräne diagnostizierten. Beiden Faziesarten ist gemein grosses Blockwerk, das hier wie dort nicht über das oberste Drittel der Biaschinaböschung hinabreicht, es sei denn ganz an ihrem nördlichen Eingang oder sekundär durch Absturz. Die Grenze zwischen den abweichend zusammengesetzten Schuttmassen ist verdeckt, einmal weil sich die Ruvina morphologisch durchaus einheitlich präsentiert und dann. weil zusammenhängende dichte Blockfelder auf der Scheitelpartie und sekundäre Schutthalden am Abfall zum Tessin die „Nahtlinie“ verbergen. Auch pflanzenoekologisch offenbart sich eine Zweiteilung; der nördliche zirka $^3/_4$ der Masse einnehmende Abschnitt ist mit zerstreutem Baumwuchs von Kastanien und Haselnusssträuchern versehen,

das kleinere Viertel südlich davon mit einem undurchsichtig-dichten Gestrüpp von Lärchen, Birken, Akazien und Brombeergebüsch überkleidet.

Gegen Nordosten ist die Abdachung der Ruvina am wenigsten steil, dieser Böschung führen auch die Schlingen der Poststrasse Lavorgo-Chironico entlang. Die Strasse zweigt etwa 1300 m unterhalb Lavorgo von der Gotthardstrasse ab; 30 m von der dortigen Brücke noch weiter talabwärts reicht ein frischer, zungenförmiger Aufschluss am Ruvinagehänge bis an dessen Basis herab, es ist die tiefste Stelle der ganzen Masse, die ich in ursprünglicher Trümmermischung angetroffen habe; südlich davon ist alles sekundäre Schutthalde. Eingebackene Geschiebe von Rotondogranit, Marmor, Biotitschiefer und Quarzit offenbaren, dass die zusammengesetzte Fazies talabwärts wenigstens noch bis hierher vorhanden ist. Weiter nördlich ist sie am besten an Entblössungen längs der Strasse und dem Fussweg nach Chironico hinauf als solche erkenntlich. Wählt man von Nivo aus die Abkürzung zum Aufstieg, so muss einem auffallen, wie unterhalb der ersten Strassenkreuzung im ersten Abschnitt des Fussweges die Gneissblöcke alle mehr oder weniger tief im erdig-tonigen Untergrund festwurzeln, während sie oberhalb grösstenteils dem Boden lose aufliegen. Ich habe bei diesem Aufstieg wiederholt Moränengeschiebe angeschlagen; ein vereinzeltes Stück braunes Kalzitaggregat in der Nähe von Nivo, ebenfalls vereinzelt etwas abseits gelegen in dem westlich der Strasse im Winkel zwischen Aufschüttung und Anstehendem auf 700 m angelegten Steinbruch ein grösseres weisses Marmorexemplar, ausserdem Quarzit und weniger selten Bündnerschiefer mit Rotondograniten da und dort zerstreut. Es erübrigt sich zu sagen, dass die Leventinagesteine selbstverständlich wieder das Gros der Geschiebemasse ausmachen. Den charakteristischen Rotondogranit habe ich noch auf 750 m aufgelesen, ja noch höher als Chironico auf dem Gipfel der Ruvina in einer Grube. Ebenfalls ganz oben liegen ein paar relativ grosse, frischerhaltene Garbenschieferplatten erratisch als Ausnahme auf. Man kann deshalb nicht hingehen und behaupten, die Gneisstrümmer seien in einer Vor- oder Zwischengletscherzeit hierher gelangt und nachher vom Eis überflutet worden, das eine Moräne darauf abgelagert hätte. Nein! Es handelt sich nicht um eine Moränendecke, das Gemisch ist in sich einheitlich oben wie unten; auch oben drängen sich die imposanten Gneissblöcke dem Auge zuerst auf.

Um einen Begriff von der Grössenordnung der mächtigsten Gneissblöcke zu geben, wie sie an der östlichen Kante der Ruvina

am oberen Abhang gegen die Biaschina aufliegen, habe ich etwelche unter ihnen gemessen und folgende Durchschnittsmasse erhalten:

Höhe ü. M.	Länge	Breite	Höhe	Volumen
zirka 800 m	25 m	19 m	9 m	4275 m^3 (!)
„ 800 „	13,5 „	11 „	7 „	1039,5 „
„ 800 „	19,5 „	10,8 „	7,2 „	1516,32 „
„ 800 „	15,7 „	9,5 „	4,5 „	671,2 „
„ 799 „	38 „	7,5 „	21,5 „	6127,5 „ (!)
„ 795 „	33,2 „	19,5 „	21 „	13595,4 „ (!)
„ 730 „	17,6 „	11,6 „	12 „	24450 „
„ 725 „	15 „	10 „	8 „	1200 „
„ 695 „	91,3 „	36,7 „	14,2 „	47580 „ (!)
„ 550 „	28,6 „	15 „	17,6 „	7550,4 „ (!)

Blöcke von über 5000 m^3 kommen also vor, wie sie unter den grössten Bergstürzen eine Seltenheit sind. Mit der Zeit wird diesen Riesen der Garaus gemacht; viele von ihnen sind schon durch Steinhauerarbeit verschwunden, so dass man heute nicht mehr das ursprüngliche Bild der Ruvina-Oberfläche hat.

Die Ruvina bildet einen Schuttwall in der Talrichtung; man könnte sie morphologisch nicht als einen Wall bezeichnen, wenn nicht zwischen dem Scheitel der Erhebung und der Talwand, an die sie sich hält, eine gleichgerichtete Einsenkung läge, wenn nicht dem Wellenberg ein Wellental vorliegen würde. Dieses ist vorhanden, es führt von Chironico nach Nivo hinunter; in der oberen Hälfte ist es 160—200 m breit, ganz flach geneigt und durch eine Blockschwelle quergeteilt, in der unteren eine unbedeutende, wenige Meter schmale, steilabfallende Rinne.

Der kleine Schuttriegel darin ist nur 7 m hoch und ebenso breit, er besteht aus gröberen Blöcken von Tessinergneiss, untermischt mit hundertmal kleineren Geschieben. Denkt man sich die Blöcke weg, so verschwindet mit ihnen die niedere Schwelle. Das Häufchen noch übrig bleibender Geschiebe käme morphologisch nicht zur Geltung; aus was für Material es aufgebaut ist, konnte ich mangels an jeglichem Aufschluss nicht eruieren, oberflächlich fand ich ausser einem Granitgneiss, wie er sich in der Moräne von Gribbio findet, nur Lokalgesteine. Der Riegel scheidet Grasland von Ackerland, ersteres liegt ihm nördlich vor, man heisst es „Campagna di sotto“, es wird bei Regenwetter schnell sumpfig, vereinzelt ragen enorme überwachsene Blöcke aus ihm heraus. Das südliche Areal, „Campiei“ genannt, ist frei von solchen Blöcken, auch es hat keine Aufschlüsse. Noch weiter südlich, etwa 3 m tiefer gelegen als Campiei liegt zwischen der Ruvina, dem Ticinetto und Chironico ein flacher Alluvialboden, die „Piano di

Chironico“ mit ihren Feldern. Campiei und Campagna di sotto haben insgesamt bei einer Länge von zirka 900 m ein Gefälle von etwa 4 %, während das zweite enge Talstück, das sich daran anschliesst, allein auf der kurzen Strecke bis zum oberhalb Nivo gelegenen Steinbruch schon um 100 m abfällt. Die beiden Talabschnitte stehen in gar keinem richtigen Verhältnis zueinander, die Wasserwirkung hat aufgehört, bevor sie einen sich angepassten einheitlichen Wasserweg herauspräpariert hatte, sie scheint während einer nur kurzen geologischen Zeitspanne bestanden zu haben.

β) Der Bergsturz von San Pellegrino lehnt sich ebenfalls an die westliche Talwand an, im Norden, Osten und Süden wird sein Fuss von Gewässern bespült, dem Ticinetto, Ticino und der Barolgia, nach denen er steile Halden bildet. Die Masse reicht nicht mehr so hoch hinauf wie diejenige der Ruvina, fusst dafür aber auch auf tieferem Niveau als diese; sie nimmt talabwärts etwas an Mächtigkeit ab.

Der Tessin beschreibt bei der Station Giornico einen gegen den Bergsturz konvexen Bogen, dieser hat in früherer Zeit einmal einen sekundären Abrutsch gezeitigt, welcher ob der heutigen Bahnlinie wulstförmig liegen geblieben ist; er ist nur bei laubfreier Jahreszeit sichtbar.

Der Bergsturz von San Pellegrino bietet kein frappantes Bild seiner Art; frontal besehen liefert er nur den Anblick einer zirka 30° geneigten schiefen Ebene, einer Trümmerhalde allerdings, die aber eine gewöhnliche Schutthalde oder auch eine Moräne sein könnte. Die Längsböschung ist licht überwachsen, mit einer dünnen Humusdecke überzogen und lässt nirgends einen Einblick in den inneren Bau der Masse zu; grosse Blöcke fehlen ihr ganz, nur vereinzelt treten sie auf auf sekundärer Lagerstätte. Und doch lässt sich mit Bestimmtheit von einem Bergsturz von San Pellegrino sprechen, denn von anderer Seite gesehen bringt er seine innere Beschaffenheit klar zur Schau. Die Biaschina-Anlage hat auf mittlerer Höhe um ihn herum einen Weg erfordert und hat auf den steileren Nord- und Südhalden dienliche Aufschlüsse geschaffen; Aufschlüsse hinfälliger Art freilich, die qualitativ von Jahr zu Jahr abnehmen. Diese Stellen lassen den ungehindertsten Einblick in den Schutthaufen zu, einen Einblick, wie er für den obern Teil der Ruvina sehr erwünscht wäre. Es zeigt sich in der Ticinettoschlucht, dass die ihr zugekehrten Trümmerhalden der unteren Ruvina im Norden und des Pellegrino im Süden absolut gleichbeschaffen sind, dass sie einfach und einheitlich aufgebaut sind aus durch und durch zermürbtem Tessinergneiss, aus

zusammengebackenem Grus zermalmter Blöcke desselben. Das gleiche Bild zeigt die südliche Front der Masse, die jäh gegen die Barolgia abfällt und den Erwartungen entgegen jenseits derselben keine Fortsetzung mehr aufweist.

Wir wissen jetzt, wie die Abdachungen des Bergsturzes von Pellegrino aussehen, wie bietet sich das Dach dar? Ein solches existiert eigentlich nur in der untern Hälfte ob der Kirche von San Pellegrino, unter der Felswand, die mit 861 m gipfelt; es ist die direkte Fortsetzung der Ganna di Pedrello mit dem „Bödeli", und durch diese mit dem Plateau von Grumo vermittelt. Das Blockfeld (Ganna di Pedrello) unter dem Signal („Caslascio") 861 m, setzt sich als Blockzug südwärts fort bis San Pellegrino und an den Weg Station Giornico-Tirolo hinunter; dieser Blockschwarm liegt also in bezug auf den Bergsturz zenital und peripherisch.

Die hier herumliegenden Blöcke sind oft rundlich geformt, dass man sich fragen muss: sind sie etwa glazial behandelt worden oder ist diese Erscheinung der Kantenabstumpfung anderswie zustande gekommen? Namentlich im unteren Teil ihres Auftretens unter der Kirche drängt sich diese Frage geradezu auf. Petrographisch zeichnen sie sich nicht besonders aus, es sind Tessinergneisse wie allüberall hier zu Lande.

Aut der 1 km langen Talstrecke, die sie einnimmt, hat sich die Biaschina längs der Pellegrinomasse vorübergehend sehr erweitert, hat elliptische Form angenommen mit einem Breitendurchmesser von zirka 360 m, auch hat sich ihr Gefälle fast auf den normalen Betrag des untern Tessintales reduziert.

γ) Die Schuttmasse zwischen Barolgia und Ticino. Zwischen Barolgia und Tessin verläuft von San Pellegrino talabwärts bis Giornico, auf einer etwa 1400 m langen Strecke, eine progressiv immer niedriger und schmaler werdende und schliesslich auskeilende Wasserscheide. Sie ist aus Schuttmaterial aufgebaut und verglichen mit dem Bergsturz von Pellegrino ganz auf die linke Talhälfte versetzt, von dieser nur durch den Tessin getrennt. Ihre rechte obere Ecke berührt sich eben noch mit der linken unteren der Pellegrinomasse, m. a. W. es decken sich die Mittelachsen beider Ablagerungen nicht. Die genannte Wasserscheide besitzt ein gleichmässig konstantes Gefälle bis zu ihrem Verschwinden beim Zusammenfluss von Barolgia und Tessin. Aber sie übernimmt dieses Gefälle nicht vom Monte Pellegrino; auch die Höhenlagen der jeweiligen Mittelachsen stimmen nicht miteinander überein. Wie schon gesagt, hört die Pellegrinomasse an ihrem Südende mit einem für zertrümmertes Material recht steilen

Absturz auf; zwischen ihr und dem südlich lose mit ihr verknüpften niedrigeren Schuttwall, den wir jetzt besprechen, besteht ein Knick und unterhalb desselben hebt erst der nach links verschobene neue Abschnitt an. Dieser zeigt ein gegen den Tessin zu verhältnismässig steiles Gefälle, das durch leistenförmige Terrassenstücke gestuft ist und durch sie bedeutend an Interesse gewinnt; nach der Barolgia zu fällt die Wasserscheide ganz sanft ab; der Gratwinkel wird südwärts stumpfer und stumpfer.

Die erste Frage wird wohl die nach der Art der Schuttzusammensetzung sein, stimmt sie mit derjenigen des Monte Pellegrino überein? hat sie vielleicht wieder Moränengeschiebe unter ihren Trümmern, wie die Ruvina? oder besteht sie vielleicht nur aus solchen ohne Sturzblockmischung? oder hat sie sonst eine besondere Eigenart? Da ist zunächst diejenige Antwort wieder an erster Stelle, auf die man sich ja immer gefasst halten muss: wir haben keine Aufschlüsse. Wir sind zu unserer Beurteilung ganz auf das angewiesen, was oberflächlich aus dem Boden herausticht oder ihm lose aufliegt.

Wo wir flaches Gelände haben, also nach Westen zu zwischen Grat und Barolgia, ferner am unteren ausgehenden Ende des Grates und auf der Ostseite da wo die erwähnten Terrassen vorkommen, haben wir ununterbrochenes Wiesland. Auf der Gratkante selbst und ihren steileren Böschungen nach dem Tessin hinunter haben wir Waldbaumbestände, die aber weniger als der Graswuchs den Untergrund verbergen. An diesen Stellen liegen wieder Gneissblöcke herum, nicht mehr so grosse, wie wir sie weiter nördlich angetroffen haben, meistens nur etliche Kubikmeter umfassend. Aber hin und wieder als Ausnahme treten doch auch einer oder ein paar grosse Blöcke auf, doch nur am obersten oder untersten Ende der Ablagerung und nicht auf der Höhe, sondern an der linken Böschung oder gar am oder im Tessin unten.

Geht man den Weg von San Pellegrino nach Giornico auf der Gratkante entlang, so müssen einem bald die zahlreich herumliegenden, z. T. zu Mäuerchen zusammengetragenen kleineren und kopfgrossen Gerölle auffallen; in der oberen Weghälfte sind sie von zerstreuten, mittelgrossen Gneissblöcken begleitet, in der unteren Grathälfte überwiegen sie ganz oder kommen überhaupt allein vor. Ich habe mit dem Hammer einige Stichproben unter der Geschiebemasse gemacht, neugierig, ob erratisches Material darunter vorkomme. Antwort: Nein, wenigstens auf dem rechten Abhang nicht, anf dem linken, der der Bahn zugekehrt ist desgleichen, vielleicht aber nur zufälligerweise, weil man dort ins Dunkle greift, indem die Gerölle alle durch

schwarze Russfarbe uniformiert sind und einem also keine mehr unter ihnen besonders auffallen können. Die Gerölle sind die gleichen wie sie sich im Bett der Barolgia finden, also die Gesteine des Val Osadigo mit vorherrschendem Tessinergneiss, Glimmerschiefer und seinen Varietäten und etwas Amphibolit.

Die Wege Tirolo-Stat. Giornico und San Pellegrino-Dorf Giornico kreuzen sich auf dem Grat. Beschreiten wir von ihrem Schnittpunkt aus den ersten der beiden, so werden wir, 25—30 m tiefer gelegen, zur Rechten eine in der Talrichtung sich erstreckende flache Wiese, eine kleine vorspringende Terrasse gewahr. Bahn, Strasse und Fluss unten dran, 30 m tiefer, müssen einen Bogen um diesen Vorsprung beschreiben. Das Wiesenterrässchen erinnert uns an das analoge Terrässchen bei Nivo, ist auch ungefähr gleich gross, aber etwas unebener und höher über dem Tessin gelegen und im Süden nicht frei endigend. Es liegen da vielmehr auf engem Raum eine ganze Anzahl, für diesen Abschnitt ausnehmend grosse, ja imposante, etwas gerundete Blöcke von Hausgrösse vor, z. T. so stattlich wie wir sie von der Ruvina her kennen und dort ausgemessen haben.

Noch weiter südlich liegt wieder ein kleines auffallendes Wiesenareal, etwas breiter als das erste und ungefähr 15—20 m tiefer, aber immerhin noch 20 m über der Bahnhofstrasse von Giornico bei der Brücke über den Tessin. Diese merkwürdigen, weil nicht erwarteten isolierten Terrassengebilde, die unter sich keinerlei genetische Beziehungen haben, erinnern ganz an anderswo auftretende Moränenvorkommnisse, haben aber nichts mit solchen zu tun. Das letztgenannte Terrassenstück liegt auf der Höhe der Bahnlinie, es bildet den Bauplatz eines grösseren Bahnwärterhäuschens und kann zur Unterscheidung als Wärterhausterrässchen bezeichnet werden.

In der Mitte zwischen diesem unten und dem Grat der Wasserscheide oben, in zirka 20 m vertikalem Abstand von beiden liegt ein wichtigeres Niveau; es ist nicht mehr ein blosser Fetzen einer Terrasse, sondern ein durchgehend einheitliches Gesimse mit geringem, aber auffallend gleichmässigem Gefälle. Diese Terrasse, sie mag wohl 20 m breit sein, lässt sich talabwärts verfolgen, bis sie in den heutigen Talboden übergeht und gleichzeitig mit dem ganzen Schuttwall, in den sie eingebaut ist, verschwindet. Die Kante der ganzen Wasserscheide bildet mit diesem Horizont einen spitzen Winkel bei Giornico, sie fällt ihrerseits auch stetig und gleichsinnig, aber etwas steiler ab. Vielleicht muss man diese Terrasse mit der ersten bildungsgeschichtlich verbinden, in ihrer Lage stimmen sie jedenfalls überein, doch sind sie heute durch den genannten Blockschutt getrennt.

δ) Die Tomahaufen von Giornico. Ebenfalls zwischen Barolgia und Tessin, aber wieder mehr in die rechte Talhälfte zurückversetzt, liegen Giornico gegenüber zwei ideal ausgebildete Tomahügel. Ganz so wie es zu erwarten ist, der grössere höhere unter ihnen talaufwärts gelegen; er trägt die alte Kirche Castello, man könnte ihn daher „Motta di Castello" nennen. Die beiden Hügel liegen 180 m weit in der Talrichtung auseinander, ihr Zwischenraum wird theoriegemäss von Flußschotter gebildet, das gehört zur Definition von Tomahaufen; man braucht nur in das Barolgiabett dicht daneben hinabzugehen, um sich von der Tatsache zu überzeugen. Das linke Flussbord ist gerade hier gut aufgeschlossen und zeigt wohlgeschichteten Schotter von manchmal grobem, manchmal feinem bis sandigem Aufbau.

Die Motta di Castello erhebt sich knapp 30 m über ihre Umgebung, hat einen beinahe wie abgezirkelten kreisförmigen Umriss und setzt sich aus gewaltigen Gneissblöcken zusammen; diese bilden sein grobes Gerüst, neben dem sich aber auch Gerölle, wiederum die Val Osadigo-Gesteine in ziemlicher Menge vorfinden. Der Hügel eignet sich sehr gut für Weinbau und wird zu diesem Zweck auch gut ausgenutzt; er ist ausserdem ein günstiger Aussichtspunkt für einen Blick das Barolgiatal nach Tirolo hinauf sowohl wie talabwärts in das 700 m breite normale flache Tessintal, in die untere Leventina mit ihren steilen Trogwänden rechts und links, zwischen denen der Tessin mehr als genug Raum besitzt und ruhig in die Riviera hinabfliesst. Schaut man nach Norden, so stösst sich der Blick an der annähernd 1½ km entfernten Südfront des Pellegrino-Sturzes, der dort wie abgeschnitten jäh und plötzlich abbricht. Links unterhalb tritt bei Tirolo die Barolgia aus ihrer engen und steilen Schlucht ins Freie und biegt um die Häusergruppe in südlicher Richtung; wir schauen gerade in ihre Rinne hinein. Tirolo liegt auf dem Schuttkegel der Barolgia, wir sehen ihn sich bis zu uns erstrecken, freilich eingeengt und modifiziert zwischen der im vorigen Abschnitt besprochenen Schuttmasse einerseits und durch die Sturzblockhalden längs der rechten Talwand anderseits. Wir sehen keine Fläche, die an einen Kegelmantel erinnert, eine solche mag ursprünglich bestanden haben, seither aber hat sich die Barolgia in sie hinein ihre heutige Rinne gegraben. Von ihr aus steigt nach beiden Seiten ausgedehntes Wiesland flach an und zwar rechts bis hinauf zur Kante der Wasserscheide mit dem Tessin.

Der kleinere Tomahügel ist mehr ein flacher Blockhaufen als ein Hügel; er ist nur 8 m hoch, besteht ganz aus Gneissblöcken und ist mit Bäumen bestanden. 800 m unterhalb mündet die Barolgia in den

Tessin; nachdem sie am letzten kleinen Blockhaufen vorbeigeflossen ist, kann sie ihren Kurs ändern und dem Hauptfluss direkt zuwenden.

B. Theoretische Alternativen.

a) Der Bergsturz von San Pellegrino. Wer das Strässchen Anzonico-Cavagnago beschreitet, erhält schon kurz nach Villa nuova einen topographischen Überblick par excellence über die Biaschina im speziellen und ihre in Betracht gezogene Umgebung, d. h. den anliegenden linken Talabhang und das gegenüberliegende Plateau von Chironico-Grumo. Im Abschnitt Anzonico-Cavagnago befindet man sich schon dem Mittelstück der Ablagerung der Biaschina gegenüber, dem Pellegrinoschuttberg. Von ihm ist man getrennt durch das elliptische Flächenstück der unteren Biaschina. Wie ich schon früher erwähnt habe, verengert sich das Tal unterhalb, zirka bei San Pellegrino von neuem, bevor es bei Giornico endgültig eine grosse Breite einnimmt. Diese Einschnürung wird durch einen Knick im „Trümmerstrom" bewirkt, der offenbar durch Anprall rechterseits eine Abbiegung nach links erfuhr. Alle Aufschlüsse des Monte Pellegrino haben zur Genüge gezeigt, in wie hohem Grade die Masse, die ihn aufbaut, zertrümmert ist; es liegt ein zusammengepresster Gesteinsgrus vor, durch die Wucht eines Bergsturzes erzeugt. Einem von Lavorgo herunterfliessenden Strom wäre ursprünglich nichts im Wege gelegen, ich wüsste nicht, woran er bei San Pellegrino Anstoss hätte nehmen, was ihn auch hätte bewegen können, nach links abzuschwenken. Was nun? Man versucht es mit einer modifizierten, diesem Sachverhalt Rechnung tragenden Erklärung. Man trennt die Ruvinamasse von der Pellegrinomasse als etwas schon ursprünglich nicht Zusammengehöriges ab, verlegt die Abrissnische um 1¼ km nach Süden, lässt aus ihr den Monte Pellegrino entspringen und dessen Reflexionsstrom talabwärts. Damit hätte dann die auffällige, wallartig-halbkreisförmige Anordnung der „Ganna di Pedrello" (Ganna = Blocktrümmer) mit der tessinwärts gerichteten Konvexität eine verständliche Deutung gefunden, desgl. der enorme Mächtigkeitsunterschied der Pellegrinomasse sensu strictu einerseits, der Aufschüttungen zwischen Barolgia und Tessin andererseits. Demnach wäre also aus dem Abschnitt Anzonico-Cavagnago (oder präziser Villa nuova-Segno) genannt: Nische von Cavagnago, besser „Nische von Motta" eine Gneisschicht von angenommen 150 m durchschnittlicher Mächtigkeit in die untere Biaschina abgerutscht, wäre zur Hälfte als Monte Pellegrino zu Füssen des Plateaus von Grumo zermürbt liegen geblieben, zur Hälfte nach dem gewaltigen Anprall als Rückschlagsstrom weiter verfrachtet worden, wobei eine

nochmalige gleichbedingte entgegengesetzt gerichtete Ablenkung nicht ausgeschlossen ist: sie würde erklären, warum die Tomahügel von Giornico der rechten Talseite wieder ebenso nahe liegen wie der linken.

Eine derartige Synthese des Vorgangs ist gewiss sehr einleuchtend, und ich bin ganz mit ihr einverstanden. Nun gibt es aber wieder Leute, die die „Nische von Motta“ einfach nicht sehen können, vielmehr in diesem Abschnitt noch die Terrasse Sobrio-Cavagnago fortgesetzt haben wollen und zwar bis nach Villa nuova. Dass der Bergsturz einem Niveau höher als das Strässchen entstammen muss, ist selbstverständlich, woher hätte er sonst die lebendige Kraft gehabt, noch nach dem Anprall im Tal unten auf einer kilometerlangen Strecke das Reibungshindernis zu überwinden? woher die Wucht die grössten Gneissbänke in einen klastischen Zustand zu zerstossen? Liegt aber das Abrissgebiet oberhalb des Terrassenhorizontes, so müsste doch die Rutschmasse von diesem aufgehalten, also auf der Sobrioterrasse zur Ablagerung gekommen sein, falls diese nicht mitergriffen wurde, sondern heute noch besteht. Nach Lautensach z. B. setzt sich hier die Terrasse ununterbrochen fort; Stapff zeichnet in seine geologische Karte sogar Moränen darauf ein. Ich habe meinerseits viel loses Trümmermaterial von Geschiebegrösse, manchmal auch von Geschiebeform oben angetroffen, aber nicht ein einziges Stück von absolut sicher erratischer Herkunft finden können. Aufschlüsse gibt es sozusagen keine, und wo man eine Blösse etwa so bezeichen könnte, zeigt es sich immer, dass das Anstehende mit gewohntem Fallen von über 30° nicht tief verborgen liegt.

Wenn nicht einmal alle die Nische zugeben, wird man begreifen, dass ich keine genauen Grenzlinien und Ausmasse dieses hypothetischen Hohlraums anzugeben vermag, umso eher als sie sich seit ihrer Bildung durch abtragende Verwitterungsvorgänge zweifellos verschoben und verwischt haben.

Wer sich eine Vorstellung zu bilden bemüht vom Aussehen der Bergsturzform gleich nach Geschehen, begeht einen Fehler, wenn er sich einfach in der Höhe des heutigen Monte Pellegrino eine Brücke über die Biaschina schlägt. Die Biaschina hat an dieser Stelle ihre grösste Breite und erscheint vom Bergschutt vollkommen befreit. Die Mächtigkeit der Schuttmasse muss von Anfang hier viel geringer gewesen sein als auf der rechten Talseite; wäre dem nicht so, so müsste der eingezwängte Trümmerstrom geradeaus auf Giornico zugeschossen sein und könnte man sich wieder nicht erklären, warum das Tal wenig unterhalb von neuem schmäler wird. Im angenommenen Fall aber ist weitaus der grösste Teil des Sturzmaterials — ich

schätze zwei Drittel — auf die Gegenseite hinübergebrandet (siehe Taf. III Profil VIII) und hatte auf dem Talboden noch Spielraum genug, um, dem Reflex folgend, Serpentinen zu bilden. Bei gleichmässiger Ausfüllung des Tals erschiene mir die Ausräumung eines elliptischen Stückes aus der Ablagerung heraus im Widerspruch mit den Gesetzen der Erosion, denen zufolge der Vorgang der Abtragung unten anhebt und allmählich rückwärts und aufwärts um sich greift. Gleichmässig aber müsste die ursprüngliche Schuttverteilung vorausgesetzt werden, wenn man die Ruvina als Brandungswall ansehen will, weil in diesem Fall der Monte Pellegrino schon zum Trümmerstrom gehören würde und in einer geflossenen Masse ein Ausgleich der Bestandteile Gesetz ist. Für die Trennung von Ruvina und Monte Pellegrino argumentieren also:

1. die Anordnung der Ganna di Predello,
2. die Form der unteren Biaschina,
3. der zweifach gebrochene Trümmerstrom zwischen San Pellegrino und Giornico.

Dabei ist man aber durchaus nicht genötigt, Ruvina und Monte Pellegrino in Gedanken gleichermassen zu scheiden, wie es der Ticinetto getan hat. Man könnte die Teilung beispielsweise da vornehmen, wo ich einen Fazieswechsel vermute, könnte also demnach einen gewissen Bruchteil ($^1/_5$—$^1/_3$ vielleicht) der südlichen Ruvina noch zum Monte Pellegrino schlagen, als einen genetischen Bestandteil desselben. Dieses Stück Monte Pellegrino liesse sich ohne Schwierigkeiten noch aus der „Nische von Motta" herleiten, aus ihrer nördlichsten Randpartie.

Ich habe von einer zweifach gebrochenen Bogenlinie des Reflexionsstromes gesprochen, der zweite Knick ist aber etwas hypothetisch. Der erste liegt klar zutage: von der dem Plateau von Grumo lückenlos anlagernden Pellegrinoschuttmasse springt der von diesem Plateau losgelöste Fortläufer gleich unterhalb der Kirche plötzlich ab auf die linke Talseite hinüber, an die er den Tessin verlegt. Dieser Wall berührt die linke Talwand nicht, der Tessin trennt ihn von ihr. Das ist aber nur das heutige Bild und braucht nicht immer so gewesen zu sein und war es wahrscheinlich auch früher nicht. Wenn man nämlich die Tomahügel unterhalb berücksichtigt und auch sie dem Bergsturz von Pellegrino eingliedern möchte, ist, glaube ich, die Voraussetzung unerlässlich, dass der Reflexionsstrom an der linken Talseite seinerseits eine Richtungsänderung erfuhr, die ihn nach rechts ablenkte, wo jetzt im kleineren der beiden Hügel von Giornico die Schuttablagerung punktförmig abschliesst.

Ich habe in einem früheren Abschnitt dargetan, dass der Barolgia und Tessin trennende Wall auf einer Seite in verschiedenen Höhen terrassiert ist und habe seine Bergsturznatur nicht beweisen können. Ich habe diese Wasserscheide bei meinen Begehungen sukzessive als Bergsturz-, Moränen-, Schuttkegelmasse auffassen zu müssen geglaubt und bin nun, den Kreis schliessend, wieder zur ersten Annahme zurückgekehrt, indem ich glaube, dass es sich um eine Ablagerung von geflossenem Bergsturzmaterial handle, die allerdings im Zusammenhang mit der unzweifelhaft fluviatilen Terrassenbildung in der Folge ihre Kennzeichen verloren hat. Irre ich mich, so sind die Tomahügel von Giornico schwerlich anders denn als Relikte eines unabhängigen, relativ älteren Bergsturzes zu deuten, der möglicher rechtsseitiger Provenienz ist, denn seine Überbleibsel sind der südwestlichen Talwand ziemlich angenähert und liegen weit ab von der Gegenseite. Spuren einer Nische für diesen sehr bedingten Sturz wären allerdings eher wieder auf dieser letzteren, also auf der linken Talwand aufzufinden, aber, versteht sich, nur unterhalb der Sobrioterrasse zu suchen.

Wenn ich mich aus bestimmten Gründen veranlasst sehen würde, die Tomahügel von Giornico einem ganz spezifischen selbständigen Bergstuz zuteilen zu müssen, könnte ich mit meinem Entschlusse, ob ich diesen von der rechten, ob von der linken Talwand ableiten müsse, mit Recht zögern. Es ist hier der Ort, die überraschende Beobachtung mitzuteilen, die Lautensach gemacht hat; er hat gefunden, dass im Kanton Tessin merkwürdigerweise die Bergstürze bedeutend die Bergrutsche überwiegen. Er schreibt (Lt. 55 p. 51):

„Die Abtrennung der abstürzenden von den anstehend verbleibenden Felsmassen erfolgte mit Ausnahme der Rutschungen von Campo längs ausgeprägter Klüfte, nicht längs der Stratifikationsflächen. Bei keinen der zahlreichen von mir beachteten Bergstürze des Tessingebiets also handelt es sich um eigentliche ‚Bergschlipfe' oder -‚rutsche' im Sinne Heims. Die Bodenbewegungen von Campo sind nach Heim eine in Schuttrutschung übergegangene langsame Felsrutschung. Die übrigen Fälle sind typische ‚Felsstürze'."

In der Biaschina kann es sich freilich nicht gut um etwas anderes als um einen Bergrutsch handeln, der Bergsturz ist hier durch die topographischen Verhältnisse von vornherein ausgeschlossen. Jeder von der Südwestseite sich loslösende Bergsturz hätte auf dem Plateau Chironico-Grumo eine ausgezeichnete Unterlage gefunden, auf der er liegen geblieben wäre bis auf den heutigen Tag, nur am Rande dieses Plateaus wäre ihm vielleicht ein unbeträchtlicher Massenbruchteil in die Biaschina hinunter entwichen. Das genannte Plateau ist aber frei

von Bergschutt, es zeigt Rundhöckerformen mit meist recht wenig mächtiger erratischer Schuttbekleidung.

b) Die Ruvina. Ich habe diese meine abschliessenden Betrachtungen an den Gesamtüberblick über die Aufschüttungen der Biaschinastrecke aus einer Höhe von 500 m über derselben angeknüpft. Mein Standpunkt war auf dem Strässchen Anzonico-Cavagnago, mitten in der „Nische von Motta". Es ergab sich dann von selbst, dass ich die Ablagerungen südlich des Ticinetto-Einschnittes, die sich dem Auge von da aus besonders günstig präsentieren und überdies leicht zu beurteilen sind, zuerst zu diskutieren unternahm. Ebensogut und vielleicht logischer wäre die umgekehrte Reihenfolge der Behandlung erschienen, die mit der Ruvina begonneu und mit den Tomahügeln von Giornico abgeschlossen hätte. Meine Einteilungsart hielt ich deswegen für zweckmässiger, weil sie in der Anordnung der Überschriften schon andeutet, dass die Ruvina und der Monte Pellegrino ihrem Wesen nach nicht unbedingt dasselbe bedeuten müssen. Ausserdem wollte ich die Besprechung der einfacheren Verhältnisse vorwegnehmen und das Problematische an den Schluss setzen.

Die Dinge liegen hier nicht ganz so klar, wie es aus der Vogelschau den Anschein hat; der nähere Augenschein bei der Untersuchung der Kleinformen und der Bodenzusammensetzung hat Fragen erstehen lassen, die nicht so leicht zu beantworten sind. Hier fehlen eben die so unentbehrlichen Aufschlüsse! Da ist allen voran eine Frage, es ist die wichtigste zugleich, die sich aufdrängt und gebieterisch nach einer Entscheidung verlangt; sie lautet: Was ist jetzt eigentlich die Ruvina? ist sie ein Bergsturz oder eine Moräne? Zur Beantwortung einer solchen den Grundgedanken meiner Arbeit berührenden Frage gilt es vorerst sorgfältig das Für und Wider dieser und jener Annahme gegeneinander abzuwägen.

Morphologischerseits kann kein Ausschlag gegeben werden, hier ist das Eine so gut möglich wie das Andere, ein von Nordosten gekommener Bergrutsch sowohl wie eine grosse Grundmoräne und Seitenmoräne oder eine angeschnittene und durchbrochene Endmoräne. Nach dem Habitus der Aufschlüsse halten sich ebenfalls beide Möglichkeiten das Gleichgewicht. Die ganze Oberfläche, speziell die Scheitelpartie der Ruvina als einen grossen Aufschluss betrachtet, bietet durch ihre Blockfelder unbestreitbar die Ansicht eines Bergsturzes. Profilartige Durchschnitte, wie in der Ticinettoschlucht, gibt es hier leider keine. Über die Unterlage der Blöcke geben heute nur kleine Wegeinschnitte oder Steingruben dürftige Auskunft. Hier aber zeigen sich immer in sandigem Lehm eingebettete Geschiebe und zwar nicht allzu selten

Geschiebe erratischer Fazies des Hauptgletschers. Liegt vielleicht eine Mischung von Bergsturz- und Gletscherschutt vor? Oder ist etwa ein Bergsturz auf eine Moräne gefallen, sei es in loco, sei es etwas weiter talaufwärts? Im letzteren Fall könnte man sprachlich die ganze Ablagerung als Moräne bezeichnen; die groben Trümmer wären ja auch noch eine Strecke weit, sagen wir etwa aus der Entfernung von Faido, vom Gletscher getragen und transportiert worden, nur hätte dieser kurze Weg nicht hingereicht sie zu zerreiben, abzunutzen und eigentliche gerundete „Geschiebe" daraus zu machen.

Zuoberst auf der Ruvina hat der Steinhauerbetrieb eine ziemlich grosse Grube geschaffen, in der man die Verquickung der Gneissblöcke mit den Geschieben studieren kann. Es scheint hier wirklich, als ob die Blöcke, soweit sie im Boden stecken, kantengerundet, soweit sie in die Luft hinausragen, noch eckig verblieben wären. Auch oberflächlich herumliegende Trümmer zeigen vielfach rundliche Formen; man darf sich aber, davon ausgehend, nicht zu weittragenden Schlüssen verleiten lassen. Nicht jede stumpfe Kante und glatte rundliche Blockfläche deutet eo ipso auf Eisschliff hin. Sehr häufig wird man es da mit Spuren der Verwitterung zu tun haben, in anderen Fällen sind den Trümmern durch Stoss und Reibung beim Fallen und Rutschen Spitzen und Kanten abgebrochen oder stumpf gerieben worden oder endlich hat ein Teil der besonders verdächtigen Trümmer tatsächlich Gletscherpolitur erlitten, aber nicht als Moränengeschiebe, sondern als Bestandteil der Fläche der einstigen Talwand, von der sie dann später durch Bergsturz hierher gelangt sind.

Handelt es sich darum, die Möglichkeiten dessen was die Ruvina sein könnte aufzuzählen, so gehört die reine Moräne unabweisbar dazu. Fragt man aber nach der grösseren oder kleineren Wahrscheinlichkeit dieser verschiedenen Möglichkeiten, so spricht besonders ein Umstand sehr zugunsten des Bergrutsches und einer Mischung von Felsblöcken und Moränegeschieben im Material seiner Aufschüttung. Wer nämlich der Bergsturzmöglichkeit nachforscht, sieht gleich ein, dass er den Ort der Herkunft seines Materials sonst nirgends suchen kann, als auf der linken Talseite und zwar im Umkreis von Anzonico. Die Terrasse von Sobrio müsste also auch hier wie in der „Nische von Motta" mit abgebrochen sein und zwar, da diese Terrasse südlich Cavagnago und nördlich Calonico ihrer ganzen Länge nach Träger von ansehnlichen Moränen ist, mit ihrer Moränenauflagerung.

Es ist doch gewiss auffallend, dass gerade an derjenigen Terrassenstrecke oben die diluvialen Geschiebeabsätze fehlen, besser gesagt aussetzen, die unten im Tal die Trümmeraufschüttungen der Biaschina

begleiten; es braucht ja schliesslich ursprünglich nicht überall und kontinuierlich Moräne deponiert worden zu sein, vielerorts ist sie jedenfalls auch den Wildwassern der Bäche zum Opfer gefallen, aber sicherlich ist das erwähnte Zusammentreffen hier das wertvollste Argument für diejenigen, die den Bergrutsch verteidigen wollen. Sie brauchen aber auch eine Nische, und zwar muss diese um so grösser sein, wenn sie die Biaschinatrümmer alle einem einheitlichen Ereignis zuschreiben wollen, und das will z. B. Lautensach. Aber gerade für Lautensach bildet die Nischenfrage noch ein ungelöstes Problem. Ich könnte mir schwerlich vorstellen, wie die ganze von Lavorgo bis Giornico verbreitete Schuttmasse allein aus der bei Anzonico gedachten Felsnische abzuleiten wäre, obwohl ich mir hier eine solche Nische nicht nur denke, mir scheint sie auch effektiv sichtbar zu sein. Die Nische von Anzonico würde meines Erachtens gerade für die Masse der Ruvina passen, nicht aber noch für den ganzen sich unterhalb daran anschliessenden Schuttwall. Aber auch wenn das zutreffen würde, möchte ich bestreiten, dass die Wucht eines Sturzes, geschweige denn des Rutsches von Anzonico herunter ausgereicht hätte, um auf der Talsohle noch einen 4 km langen Strom zu erzeugen mit der lastenden Anfangsmächtigkeit eines Monte Pellegrino; das wäre, glaube ich, nur möglich gewesen, wenn der Vorgang ohne Anprall abgelaufen wäre, wenn also das aufnehmende Tal in der Richtung des Sturzes selbst gelegen hätte. Eine von hier ausgehende Besprechung hätte mich also, wie ich sehe, wahrscheinlich ebenfalls zu einer Trennung von Monte Pellegrino und Ruvina geführt; während aber dort die Nische Schwierigkeiten bereitet, ist es hier umgekehrt die Ablagerung.

Die „Nische von Motta“ lässt an Deutlichkeit — ich wiederhole es — zu wünschen übrig und ist deshalb Einwendungen, die man gewärtigen muss mehr ausgesetzt als die Nische von Anzonico. Vielleicht ist ein blosser Altersunterschied an dieser Verschiedenheit schuld, der der Anzoniconische eher zugesteht, Ausgangsort einer Bergkatastrophe gewesen zu sein: sie erscheint eben noch frischer und nicht vernarbt; jedenfalls ist es aussichtsloser, dass nachmals in ihr Gletscherschliffe gefunden werden als bei Motta, Pascoci und Roira.

Wohlverstanden, auch mich zwingen die topographischen Verhältnisse von Anzonico nicht zur Anahme einer Bergsturznische. Ich möchte nur gesagt haben, dass, wenn man die Ruvina als eine von der linken Talseite herabgekommene Schuttmasse ansieht, der Ort von Anzonico und kein anderer als Ausgangspunkt derselben angenommen werden muss, man kann gar nicht anders. Ist aber die Ruvina eine Moräne — die Frage liegt noch immer in der Schwebe,

ich will sie in der Folge noch eingehender prüfen — so ist die Sobrioterrasse bei Anzonico ganz einfach nach und nach eintretenden kleineren Gesteinsrutschungen, die, wie die Bergstürze auch unter dem ewig vorhandenen Einfluss der Abwitterung stehen, zum Opfer gefallen: statt einer plötzlichen, einer langsam um sich greifenden Denudation. Die Topographie von Anzonico kann so gut ohne wie mit Bergsturz erklärt werden. Liegt südlich Nivo ein Bergsturzhaufen vor, so kommt einem die Geländekonkavität bei Anzonico wie gerufen und nützt man sie selbstverständlich entsprechend aus.

Ja, und wo liegen jetzt eigentlich die Schwierigkeiten, da man doch ausser Gneissblöcken von vornherein schon Moränematerial in der Aufschüttung miterwarten darf? Bevor ich den eigentlich springenden Punkt berühre, will ich hier einwenden, dass man mit gleichem Recht, mit ebendenselben Gründen in der Pellegrinomasse eine Mischung der Gneisstrümmer mit erratischen Geschieben hätte vorfinden müssen, doch zeigte sich in den dortigen ausgezeichneten Aufschlüssen nichts dergleichen. Was ist aus den Moränegesteinen geworden, die ursprünglich auf der Sobrioterrasse im abgerutschten Stück der „Nische von Motta“ auflagen? Sind sie bei der Wucht der Zerschmetterung in der Biaschina spurlos aufgerieben worden? Warum fehlen diese Geschiebe der Ruvina nicht auch gänzlich?

Es ist anzunehmen, dass bei Übereinstimmung in der Mischung der erratischen Geschiebe überhaupt und der Leitgeschiebe im besonderen, nördlich und südlich der Lücke Calonico-Cavagnago auch das unterbrochene Terrassenstück ein gleichartig zusammengesetztes Gemenge diluvialen Schuttes trug. Da diese Übereinstimmung in Realität besteht, fragt es sich jetzt, ob sich die Analogie weiterhin auch auf die dem Talboden aufliegenden Ruvinageschiebe ausdehnt. Wenn ja, wenn wirklich auch hier Einklang herrscht, so ist mit annähernd vollkommener Sicherheit bewiesen, dass die Ruvina ein Bergrutsch und dass ihre Geschiebeführung ein Bestandteil desselben ist, dass ein Gneisschichtenkomplex mit samt seiner Moränenbedeckung seinen Halt verloren hatte und erst auf der Talsohle neu gewann. Wenn ja, so kommen dagegen alle andersgerichteten Erklärungstendenzen nicht mehr auf, man braucht ihnen kein Gehör mehr zu schenken.

Ich habe aber eine Unstimmigkeit entdeckt, die dazu angetan ist, die erwünschte Zuversicht in den Bergsturz zu erschüttern. Sie besteht darin, dass unter den Ruvinageschieben ausser den lokalen, ganz gewöhnlichen Gneissen und Amphiboliten und den Bündner- und Hornblendegarbenschiefern auch solche von Marmor und Rauhwacke und von Rotondogranit auftreten. Den Marmor und die Rauhwacke,

Die Schuttablagerungen der Biaschina

(Valle Leventina)

aufgenommen von Hans Nägeli
1915—1917

Maßstab 1: 25000

500 m 1 Km 2 Km

Legende

- Alluvium
- Delta
- Bachschuttkegel
- Gehängeschutt trockene Schuttkegel
- kleinere, recente Bergstürze (Bergsturz von Calonico)
- Seeablagerungen bei Lavorgo
- Trümmerwall zwischen Barolgia und Ticino
- Flussterrassen
- Mte Pellegrino u. Castello
- Flussterrassen
- Trockentälchen
- Ruvina
- Lokalmoräne
- Haupttalmoräne
- Paragneisse
- Tessinergneiss
- mutmassl. Abrissgrenze
- alte Flussläufe
- Rundhöcker
- ungefasste / gefasste / abgestandene Quellen
- 604 Wasserleitungsstollen und seine Sohlenhöhe
- Mutmassliche Grenze Anstehendes/Schutt auf der Höhe dieses Stollens
- angefahrene Stellen dieser Grenze
- I-XI Profilzüge
- unter / über 35° Fallen

Mit Bewilligung der Schweiz. Landestopographie v. 17. 7. 1919.

Geograph. Anst. Kümmerly & Frey, Bern

die eine grosse Seltenheit sind, will ich als Argument ausschalten, da wo ich sie angetroffen habe, könnten sie sich eventuell auf zweiter Lagerstätte befunden haben, es war in der Nähe des Steinbruches von Nivo unter der rechten Talwand (bei zirka 670 m). Der Rotondogranit lässt sich aber nicht so umgehen, er ist ein relativ ziemlich verbreiteter Findling, ist in allen Höhenlagen des Schuttberges verstreut und findet sich an der Grenze gegen das Anstehende nicht häufiger als gegen die Talmitte zu. Seine Häufigkeit ist allerdings nur beziehungsweise beträchtlich, er fällt ungesucht nicht auf, doch wenn man ihm besonders nachgeht, ist er wie gesagt da und dort anzutreffen und leicht an seiner stets kugelrunden Form zu erkennen. Rotondogranit, das bezeichnendste Leitgeschiebe des Hauptgletschers habe ich aber auf der Sobrioterrasse von Calonico und Cavagnago-Parnasco nirgends angetroffen und trotz speziell darauf hingerichteter Aufmerksamkeit auch nicht in einem einzigen Exemplar gefunden; auf der linken Talseite kommt er zwar vor, aber nur in der „Moräne" von Lavorgo, also auf der Talsohle unten.

Zwei verschiedene Überlegungen helfen mir aus meiner Verlegenheit notdürftig heraus. Nach der einen müssen sich trotz meiner Misserfolge Rotondogranite auf der Sobrioterrasse in besseren Aufschlüssen noch finden lassen und die Ruvina würde dennoch durch einen grossen Bergrutsch entstanden sein, der anstehenden Fels und Moräne disloziert und gemischt wieder abgelagert hätte; nach der andern wäre der Bergrutsch in bedeutend kleinerer Form auf eine bereits anwesende grosse Hauptgletschermoräne abgesetzt worden. Ich habe immer Anstoss daran genommen, dass die Ruvinageschiebe ein so frisches unbeschädigtes Aussehen zeigen und sich von Moräne an primärer Lagerstätte nicht unterscheiden lassen. Das ist aber vielleicht nur oberflächlich der Fall, oberflächlich sind auch riesige Gneissblöcke ungeborsten erhalten geblieben, die im Innern der Masse wahrscheinlich vernichtet und zu Grus vermahlen worden wären.

Noch einer Schwierigkeit begegnet die Deutung der Ruvina als Bergsturz. Lautensach hält die Ablagerungen des „Retaeinschnittes" bei der Sägerei unterhalb Lavorgo für einen Absatz in einen Bergsturzsee. Wie ist das möglich bei einem von links herabgekommenen Rutsch? Die Retaablagerungen liegen auf der linken Tessinseite und ihnen direkt gegenüber bildet die Ruvina das rechte Ufer! Hat die Rutschmasse den Tessin zu einem See gestaut, so muss die Biaschina ganz von ihr verstopft gewesen und der See infolgedessen nördlich des Retaeinschnittes bei Lavorgo gelegen sein, denn dieser Einschnitt gehört schon in die Biaschina. Die Retasande und -tone können Absätze

in einen See nur dann verstellen, wenn es sich um einen Moränenstausee handelt und die stauende Moräne wäre keine andere gewesen als unsere Ruvina wiederum. Wie man sieht, ist die Aufgabe eine befriedigende Antwort auf die Frage, ob die Ruvina eine Endmoräne oder ein Bergsturz sei, dazu angetan, Verwirrung zu stiften und gar nicht so leicht zu lösen. Um in ihr einen Schritt weiter zu kommen, bin ich nur zu diesem Zwecke ins Val Blegno hinübergegangen, um mich dort südlich Aquila nach einer entsprechenden Endmoräne umzusehen.

Dieser Exkurs hatte jedoch den für möglich gehaltenen Erfolg nicht: er hat mich keine der Ruvina analoge Endmoräne des Brennogletschers auffinden lassen. Das Fehlen jeglicher grossen Endmoräne zwischen Aquila und Biasca spricht nach der Gletschertheorie ebenso für das Nichtvorhandensein einer Endmoräne im Abschnitt Lavorgo-Biasca, wie das Bestehen einer solchen im Val Blegno entschieden zugunsten der Ruvinaendmoräne gezeugt hätte. Nun braucht aber die Ruvina, um Moräne zu heissen, nicht unbedingt eine Endmoräne zu sein, es kann sich ja auch um eine Seiten- oder Grundmoräne handeln. Seitenmoräne ist durch das Vorhandensein der Rotondogeschiebe, die sich nur im Talgrunde finden liessen, als unwahrscheinlich von der Hand zu weisen und statt dessen Grundmoräne zu begünstigen. Grundmoräne aber setzt sich dem Wasserlauf in der Regel nicht seestauend entgegen; da aber bei Lavorgo deltaartige Anzeichen das Postulat eines Sees bedingen. muss als Ursache desselben doch wieder ein Bergsturz hingestellt werden.

Es ist vielleicht gerechtfertigt, dass ich hier summarisch wiederhole, was für den Moränencharakter der nördlichen Ruvina spricht: einmal ist es die Lage in einem glazialgeformten Tal und am Ausgang des Val Chironico (die Zusammensetzung des Schutthaufens steht aber im Widerspruch zur Annahme einer Ticinettoendmoräne). dann sind es die Geschiebe von Rotondogranit (Marmor und Rauhwacke) und ihr frischer Erhaltungszustand und schliesslich die Ablagerungen des Retaeinschnittes, falls sie in ruhigem Wasser gebildete Sedimente bedeuten.

Dementgegen spricht für einen Bergsturz besonders laut das Aussetzen der Sobrioterrasse im Abschnitt Calonico-Cavagnago zumindest bis Villa nuova und damit Hand in Hand gehend der diluvialen Schuttbedeckung auf dieser Strecke. und im positiven Sinn das Vorhandensein, unten bei Nivo. einer grossen Trümmerablagerung mit riesigen Gneissblöcken und Moränengeschieben darunter, in der überwiegenden Mehrzahl von der Art, wie sie am Ort ihrer Herkunft bei Anzonico

gedacht werden müssen. Ausserdem kann man als untergeordnete Argumente verwerten: das Fehlen morphologisch so hervorragender Moränen in diesem Talstück auf einer viele Kilometer langen Strecke sowohl oberhalb wie unterhalb, was das hier unvermittelte plötzliche Anschwellen unverständlich macht; das Vorkommen eines analogen Bergsturzes unmittelbar an die Ruvina südlich anschliessend, im Zusammenhang mit der diluvialen Gestaltung des Talquerprofils und, wenn man will, die oben erwähnten Glimmersand- und Tonabsätze bei und nördlich Lavorgo.

Um alles gesagt zu haben, sind noch ein paar Worte über die Aufschüttungsmassen bei Nivo und Lavorgo vonnöten, da diese offenbar in ziemlich enger Beziehung zu der talsperrenden Ruvina stehen. Da ist an erster Stelle der „Schuttkegel von Nivo“ zu nennen. Ich habe diese Trümmerablagerung anfangs für den Schuttkegel eines intermediären Ticinetto angesehen und auf das „Trockental“ Chironico-Nivo bezogen, doch wollte mir seine diesbezügliche Orientierung nicht recht passen und schien mir die Materialanhäufung unverhältnismässig gross. Hat nämlich der Ruvinabergsturz den Ticinetto oben bei Chironico gestaut und vorübergehend nach Nivo abgelenkt. so sah sich dieser veranlasst, seine Geschiebe im Stausee von Chironico zu belassen, aus dem er gereinigt abfloss; die kurze Strecke vom Seeausfluss bis Nivo hätte nicht mehr hingereicht, so viel neues Geschiebe aufzulesen, um einen derart grossen Schuttkegel noch vor der Mündung in den Tessin aufschütten zu können. Ausserdem enthält dieser „Schuttkegel“ Moränengeschiebe, von denen ich Marmor besonders hervorheben will. Die erratischen Geschiebeelemente können nicht alle aus dem Chironicotal herkommen; Bündnerschiefer, Marmor und Rotondogranit geben Haupttalfazies an. Was sie anbetrifft. so kann ich mir ihre Anwesenheit auf dreierlei Art auslegen: erstens kann sie der Abfluss von Chironico der Ruvina entnommen und hier wieder abgesetzt haben. zweitens kann es sich um Talmoräne auf primärer Lagerstätte handeln. drittens könnte ein Teil von ihnen (wie bei Fall 1) auf sekundärer Lagerstätte ruhen und von der Terrasse von Rodont (entspricht der Sobrioterrasse auf der rechten Talseite) durch Absturz oder Abschwemmung herzuleiten sein, und viertens endlich kann man sie sich als rein fluviatile Geschiebe, als Gerölle des Tessins erklären.

Wie gesagt, ich hielt die vorliegende Ablagerung erstlich für einen Schuttkegel; durch Bedenken veranlasst ersetzte ich ihn später in Gedanken durch Moräne und heute erblicke ich in ihm ein Stück Ruvina: grau ist eben alle Theorie. Allerdings erstreckt sich das

zugehörige Abrissgebiet nicht so weit nach Norden, und ist zwischen der hier ins Auge gefassten Aufschüttung und dem gegenseitigen Talwinkel ein ziemlich breiter Alluvialboden eingeschaltet, der wie übrigens die Aufschüttung selbst keinen Sturzschutt trägt. Wie ist es also möglich, diesen Standpunkt zu vertreten? Waren nicht die vorigen besser gefestigt? Müsste nicht bei der Auffassung der Ruvina als Bergsturz von links her und des „Schuttkegels von Nivo" als in der Folge durch abtragende Kräfte erniedrigten und unkenntlich gemachten Teil desselben die Biaschina, statt bei Nivo erst zu beginnen, bis nach Lavorgo hinaufreichen? Nicht unbedingt. Ich betrachte den „Schuttkegel von Nivo" als eine Art nördlichen Ausläufer des Bergsturzes der sich nicht zum Schuttstrom zu entwickeln vermochte, weil die Strömungsrichtung talaufwärts gerichtet war. Die Bedingungen dieses Fortsatzes erblicke ich darin, dass die Sturzmasse durch den Monte Pellegrino behindert war, einen süd- und talabwärts gerichteten Trümmerstrom zu entsenden, in dem der Rückschlag hätte ausklingen können: er konnte nur nach Norden ausweichen.

Die Retatone muss ich, wie ebenfalls die gegenüberliegenden feinklastischen Ablagerungen des Terrässchens von Nivo, überbordendem Tessinhochwasser zuschreiben, daran hindern mich die phytogenen Fossilien, die sich darin fanden, nicht. Lautensach beschreibt sie ja ausdrücklich als allochthone Relikte. In diesem Fall sind die Gneissblöcke, die man im Retaeinschnitt konstatieren konnte nicht, wie Lautensach sich ausdrückt, in die Tonunterlage „hineingekrochen", sie waren vielmehr vor dieser schon da und durch die Bergsturzkatastrophe hierher verlagert worden. Bei der Arbeit, sich einen Weg durch die verstopfte Biaschina zu bahnen, mag der Tessin zuerst die leichteren Sturztrümmer fortgerissen und sie später durch Tonsuspensionen in toten Winkeln ersetzt haben.

Im beschreibenden Teil habe ich nördlich von dieser Stelle auf gleichem Niveau, zwischen den beiden Bächen, die sich im Dorfe Lavorgo vereinigen und dann wieder ob den nördlichsten Häusern der Ortschaft stratifizierte Tonaufschlüsse in umgekehrter Reihenfolge behandelt. Desgleichen habe ich dort die Aufmerksamkeit auf einen schönen Sandaufschluss und ein Terrässchen mit deltastrukturartigem Längsschnitt an der Strasse hingewiesen, die zirka im Talquerprofil: Kirche Calonico-Mte. Raslumo getroffen würden. Hier muss ich sie in einem Atemzuge nennen, um anzudeuten, dass ich sie unter einem Gesichtspunkt zusammenfassen will: genetisch. Es sind Absätze in Wasser, die alle in etwa 40—35 m über der Strasse endigen, also über einen gemeinsamen Horizont nicht hinausreichen. Im gleichen

Niveau beginnen an der nördlichen Ruvina die Blöcke oberflächlich freier herumzuliegen, darunter schauen sie, fest im Boden wurzelnd, nur mit ihren obersten Spitzen aus ihm heraus. Da war der anfängliche Überlauf des Stausees.

Es ist zu erwarten, dass sich der Widerstreit Moräne oder Bergsturz, Bergsturz oder Moräne, auch auf das Seeproblem ausdehnt und überträgt. Warum, fragt der Verteidiger der Endmoräne, hat denn die Ruvina, als Bergsturz aufgefasst, nur die Spuren eines wenige Dekameter tiefen Sees hinterlassen? müsste er denn nicht logischerweise die Erstehung eines mindestens 150 m tiefen Beckens veranlasst haben? Diese Frage setzt dem Gegner unbestreitbar zu. Aber die Ablagerungen von Lavorgo sind nur Reste und sind nicht eindeutig erklärt. So können die als Moräne gedeuteten Geschiebe am Südrand des Dorfes auch als Geschiebe auf sekundärer Lagerstätte angesehen werden, die ursprünglich bei Calonico oben lagen, Geschiebe, die man jetzt mit gleichem Recht Gerölle nennen könnte, und wir hätten wieder eine Deltaaufschüttung vor uns. Und der Ruvinabergsturz hat sicherlich in seiner Wucht den grössten Teil seiner Massen über die Talmitte auf die rechte Seite getragen: wo jetzt die Biaschina ist, war er schon a priori bedeutend niedriger (siehe Taf. III, Prof. III) und ein Teil des zugeführten Wassers mag durch die Poren der losen oberflächlichen Aufschüttung abgeflossen sein.

War, wie man annehmən kann, der Mte. Pellegrino vor der Ruvina gefallen, so hatten die Überflusswasser von Lavorgo nach der zweiten Katastrophe nur die obere Biaschina neu zu eröffnen, die untere war es bereits, wenigstens provisorisch. Indizien eines verharrenden Seespiegels habe ich am Anstehenden nirgends angetroffen; Ablagerungen, die auf einen See hindeuten, bin ich nur auf der linken Talseite begegnet — auch da könnte man sich vielleicht noch fragen, ob sie nicht etwa Grundmoräne vorstellen — auf der rechten Seite fand ich keine Andeutung von solchen. Das Dilemma bleibt bestehen. Ich aber habe nach und nach meinen Standpunkt auf neutralem Boden preisgegeben und der einen Ansicht parteiisch mehr zu huldigen begonnen als der andern, derjenigen, die mir den grösseren Grad an Wahrscheinlichkeit versprach und die Auffassung des Bergsturzes vertritt.

Chronologisch zusammenfassende Schlussbetrachtung.

Als Ursache der Biaschina-Trümmerablagerung erkenne ich die seitliche Erosion der Gletscher, was gleichbedeutend ist mit labilem Lagerungszustand der Talwände. Als das Eis geschwunden war, wur-

den die schon sehr steilen Talseiten von den wasserreichen Schmelzwässern, die viel Geschiebe führten und dadurch kräftig zu erodieren vermochten noch unterwaschen und untergraben; dadurch wurden sie also noch mehr geschwächt. Sicherlich ist die Katastrophe nicht in der Gesteinsart begründet: der Tessinergneiss ist ein gutes Bergfundament; auch stratigraphische Beschuldigungsgründe gibt es hier keine: es fehlen Unter- oder Zwischenlagen von sedimentärem tonigmergeligem Material, das mit Wasser vermengt plastisch-schmierig würde und durch Belastung mitsamt seiner Decke zu gleiten anfinge.

Eiszeitlichen Alters sind die bei den verschiedenen Vorstössen mitgebrachten Moränendeposita, die Biaschinaablagerungen sind nur eiszeitlich bedingt, sind aber selbst nacheiszeitliche Bildungen. Das ergibt sich für die Glazialisten aus ihrem blossen Vorhandensein: die Gletscher hätten nach ihnen diese lockeren Hindernisse mit Leichtigkeit weggeräumt; für gemässigtere Geologen aber, namentlich aus dem Fehlen einer Überschüttung der Sturzhaufen mit diluvialem Gletschergeschiebe und aus der Auflagerung, wenigstens des Mte. Pellegrino auf Grundmoräne (was nur Stapff aus einem vergänglichen Aufschluss zu ersehen Gelegenheit hatte). Für die Ruvina bezeichnet, wie schon Lautensach hervorhob, der beim Bau der Kraftwasseranlage entdeckte tiefe Einschnitt des primären Ticinetto in seine Stufenmündung östlich Chironico in schönster Weise das postglaziale Alter. Dieses Faktum, ich muss es noch besonders betonen, ist ein beinahe sicherer Beweis für den Bergsturzcharakter der Aufschüttung. Einen grossen Ticinettoschuttkegel früheren Datums braucht die Ruvina nicht überschüttet zu haben, der Ticinetto hatte immer Gelegenheit, sein gröbstes Gerölle auf dem Plateau von Chironico schon abzulagern.

Also erst Gletscherzeit, dann Gletscherrückzug und Einschneiden des Ticinetto in seine Stufenmündung während eines postglazialen Zeitabschnittes von ziemlicher Dauer und erst dann bei besonders günstiger Gelegenheit das Niederbrechen der Bergstürze in die Biaschina hinunter, das erst eine Unterbrechung der Terrasse von Sobrio und ihres Moränenzuges schuf. Ich sage der „Bergstürze"! Warum? Der Ausbruch der Massen aus einem $5\,^1/_2$ km langen, dabei im Grundriss keine 500 m breiten Abhangsstreifen in einem Mal ist von vornherein sehr unwahrscheinlich; dann aber sind auch die Gliederungen in verschiedene Abschnitte keine theoretischen Erfindungen Prof. Schardts; er hat in seinem Kärtchen seine Grenzen der Natur nachgezeichnet. Diejenige zwischen Pascoci und Motta ist in Wirklichkeit, bei weitem nicht so ausgeprägt wie diejenige südlich Anzonico bei

Villa nuova, ich hätte sie bei Seite gelassen. Wenn aber die Natur eine Gliederung deutlich aufweist, heute noch, kann man diesen Umstand doch wohl ausnützen und zwei getrennte Bergstürze annehmen, namentlich wenn noch andere Gründe dafür sprechen.

Man könnte die Ablagerungen zwischen Nivo und Giornico drei verschiedenen Bergstürzen zuschreiben, die einander im Sinne des Gletscherrückzuges in der Reihenfolge von Süden nach Norden gefolgt wären. Dementsprechend wäre die älteste Aufschüttung, die Tomahügel von Giornico, seither wieder am weitesten abgetragen worden und ihre Abrissnische verschwunden, der jüngste Bergsturz, die Ruvina aber im Gegenteil, am wenigsten versehrt worden und ihr zugehöriges Abrissgebiet bei Anzonico noch am frischesten erhalten geblieben.

Ich begnüge mich aber mit der Aufstellung zweier Bergstürze (es sind natürlich immer Rutsche gemeint), indem eine Abtrennung der Tomahügel nicht unbedingt gefordert werden muss. Dann war es der Mte. Pellegrino, der den Anfang machte. Mit elementarer Gewalt muss er sich gegen die steilabfallende Wand des Plateaus Chironico-Grumo geworfen haben. Aufwärts könnte der Mte. Pellegrino, geologisch gesprochen über den heutigen Ticinetto hinausgereicht haben, etwa bis dahin, wo heute auf der Nordseite der Anzonicobach in den Tessin mündet. Der ursprünglich bei Chironico geradeaus weiterfliessende und nicht wie jetzt südwärts umgebogene untere Ticinetto müsste dann nicht schon durch ihn derangiert worden sein, er hätte unbeirrt an der Erniedrigung seiner Stufenmündung weitergewirkt, und etwa die nördliche Grenze des ersten Sturzes markiert.

Die beim Auf- und Anprall nicht konsumierte überschüssige lebendige Kraft löste den Trümmerstrom aus, dessen Massen, durch den Rückschlag veranlasst, das Tal noch einmal im entgegengesetzten Sinne überschritten, nochmals sich stauten und an der linken Seite anliefen und sich endlich, nach der zweiten Ablenkung mitten im Tal verliefen. Der Mte. Pellegrino fiel auf Grundmoräne auf und im südlichsten Teil jedenfalls noch auf den Schuttkegel der Barolgia, der sich damals in normaler Richtung, ungehindert gegen den Tessin zu aufgebaut haben muss. Nicht nur der Rückprall hat also dem Reflexionsstrom seine Anfangsrichtung gewiesen, diese muss bis zu einem gewissen Grade auch von dem verschüttet darunterliegenden Barolgiagerölle mitbeeinflusst worden sein.

Aus dem Gesagten ergeben sich für die Pellegrinokata-strophe folgende Störungen und Änderungen im Wasserregime. Wie aus

meiner Karte ersichtlich, musste sich der Barolgialauf verlängern, weil seine Mündung um 700 m nach Süden an das unterste Ende der Bergschuttablagerung verschoben wurde. Die Folda musste daraufhin ihr Wasser der Barolgia abgeben; früher floss sie wenig weiter östlich geradewegs in den Tessin. Aber selbstverständlich musste auch der Hauptfluss, und er vor allem, in Mitleidenschaft gezogen werden. Da, wie gesagt, das Tal nicht gleichmässig mit Schutt erfüllt wurde, sondern die Hauptmasse einen Brandungswall gebildet haben muss, stand dem Tessin eine zwar höher gelegene Rinne gleich wieder zur Verfügung, sie begleitete den Wall, wie heute, auf der linken Seite. Der quer dazu gerichtete Trümmerstrom unterhalb musste aber die Rinne eine Zeitlang abdämmen und somit ein kleines Biaschina-Wasserstaubecken von kurzem Bestand veranlassen. Der Überfluss dieses intermediären kleinen Sees benutzte anfänglich das ganze oberste Glied des Trümmerstromes — eben das abdämmende Stück desselben — als Überfallwehr. Dadurch kam die eigentliche rechtsseitige Abdachung desselben zwischen San Pellegrino und Castello gegen die Barolgia zustande und hat hier im Verein mit der Barolgia den Bergsturzcharakter verdorben und durch Umspülung die Tomahügel von Giornico herausmodelliert.

Der flächenhafte Überfluss wich mit der Zeit einem geordneten linearen Abfluss, der seinerseits die obere durchgängige gleichmässig und sanft geneigte Terrasse schuf, die die jetzige Wasserscheide nahe ihrem First linksseitig begleitet. Mit der fortschreitenden Erosion hat sich der Tessin auch mehr und mehr nach links verlegt, bis an das Anstehende heran, das ihn heute, wenn er noch erosionskräftig wäre, wieder nach rechts weisen würde. Während dieser Tieferlegung entstanden noch, wahrscheinlich Ausbuchtungen des Flusslaufes bezeichnend, die etwas tieferen nnd kleineren Terrässchen.

Auf den Mte. Pellegrino folgte der Ruvinabergsturz, vielleicht durch ihn veranlasst und unmittelbar mitherabgezogen, vielleicht später erst nach einem kleineren oder auch grossen Zeitabstand. Heute mag das Verhältnis der beiden Schuttberge (der oberen und unteren Biaschina) etwa 3 : 4 betragen, die ursprüngliche Proportion vor der stattgehabten Ausräumung mag dem Verhältnis 3 : 5 approximativ entsprochen haben. Auch der Rutsch aus der Nische von Anzonico traf unten wahrscheinlich auf Grundmoräne, die er aufstiess und aufschürfte, und allenfalls auf einen kleinen Ticinettoschuttkegel. Einer Auswirkung der Katastrophe talabwärts lag der Mte. Pellegrino hinderlich im Wege. Die Sturzmasse häufte sich hoch auf, über-

bordete das Plateau von Chironico und dehnte sich auch talaufwärts ein Stück weit aus.

Dieser ungeheure Trümmerberg musste natürlich wiederum die Wasserwege verletzen. Der Ticinetto, der sich nach der Eiszeit mühsam und beharrlich befliss, seine Mündung im Haupttal gleichsohlig zu gestalten, hatte alle Arbeit vergeblich verrichtet. Er wurde mit einem Schlag auf dem Plateau von Chironico aufgehalten, das er nach einem neuen Ausweg suchend überschwemmte. Wahrscheinlich war er in der ersten Zeit nach der Stauung — sie kann sehr viele Jahre betragen haben — in zwei Abflüsse gespalten: einen seichten und breiten intermediären Überfluss in der Richtung nach Nivo und den Ablauf der sich in der Folge behauptet hat und die Ticinettoschlucht mit anschliessendem Ausräumungskessel schuf. Der nördliche Überfluss muss die heutigen Verhältnisse der „Campiei“ und „Campagna di sotto“ geschaffen haben (Piano di Chironico auf der Karte): das Trockentälchen mit der kleinen Schwelle. Jedenfalls liegt Ruvinaschutt darunter und ist die Trennung des Bergwalles vom Anstehenden nur Schein und war anfänglich auch dieses Trockentälchen mit Schutt überstreut. Nördlich der Campagna di sotto gewannen die breitabfliessenden Wasser grosses Gefälle, schnitten sich eine schmale Rinne zurecht und begannen in vereinten Kräften mit dem Tessin den nördlichen Fortsatz der Ruvina zu bearbeiten und zu überschütten.

Auch hier musste sich der Tessin gestaut haben und zwar zu einem regelrechten, weithin das Tal hinaufreichenden See. Hier kam das Wasser bedeutend länger zum Stehen als in der unteren Biaschina, sodass sich Ton- und Sandabsätze von mindestens 30 m Mächtigkeit bilden konnten, wovon die heutigen Vorkommnisse wahrscheinlich nur kleine Reste vorstellen. Angelehnt an die von der Kirche von Calonico herunterstreichende Fluh kam ein Delta zur Ablagerung. Der Bach, der die dazu erforderlichen Geröllmassen herbeischaffte, ist längst erloschen, er wird wohl direkt über die Terrasse von Calonico hinweg den Berg hinunter geflossen sein. Dieses Delta bildet den nördlichsten Seeabsatz, auf den ich gestossen bin; der See selbst endigte jedenfalls weiter oben irgendwo zwischen Chiggiogna und Faido. Seine südlichste Spur ist wahrscheinlich wieder ein Delta und liegt am Südausgang von Lavorgo, wie alle anderen diesbezüglichen Sedimente, im linken Talwinkel.

Kaum hatte sich die Katastrophe vollzogen, so war der Tessin unverzüglich wieder dabei den Schaden wett zu machen und die alten Abflusszustände wieder herbeizuführen. Dies ist ihm bis heute schon

in erheblichem Masse geglückt, wenigstens ist der Durchgang nach dem offenen Tal wieder frei und somit der See längst verschwunden. In der Zeit nach den Biaschinabergstürzen ist dann durch Erosion und Abtrag das heutige Landschaftsbild entstanden. Je weiter man talabwärts geht, desto mehr begegnet man nur noch Ruinen der einstigen gewaltigen Trümmerberge. Der Ticinetto hat eine epigenetische Schlucht gebildet und, wie man aus dem Ausmass seines Mündungskessels (abgebildet auf dem Panorama von Prof. Schardt. Lt. 51) auf den ersten Blick gewahrt, einen ganz beträchtlichen Anteil an der Ausräumung der Biaschina genommen. Ruvina und Mte. Pellegrino erscheinen jetzt mit ihren ausgeglichenen Abhängen als morphologisch zusammengehörig und nur durch die Ticinettoschlucht notwendigerweise sekundär getrennt, durch das Wasser, das sich wieder einschneiden musste. In dieselbe Zeit fällt auch der kleine „Bergsturz von Calonico“ und die Ausbildung des „Terrässchens von Nivo“ durch den Tessin, vielleicht auch diejenige der heutigen Zusammensetzung der Retaablagerungen.

Ich bin jetzt am Ende meiner Ausführungen angelangt, möchte sie aber nicht schliessen, ohne auf die unsicheren und schwachen Punkte meiner Darlegungen selber noch einmal hingewiesen zu haben: Die Trennung der Biaschinaaufschüttungen in zwei verschiedene Bergstürze mag manchen willkürlich erscheinen, ich habe meinen Grund dafür angegeben. Dass nicht jeder die Abrissnischen da sieht, wo sie Prof. Schardt hinversetzt hat und ich, seinem Beispiel folgend, ebenfalls, steht jetzt schon fest. Man kann aber versichern, dass, falls es sich um Bergstürze handelt — und das ist jetzt doch soviel wie sicher nachgewiesen — müssen ihre Nischen einmal dort, ich will entgegenkommend sagen gewesen sein, wo wir sie auf der Karte eingezeichnet haben. Höher oben fangen bereits die Paragneisse an.

Warum sind im Pellegrinoschutt nicht, wie in der Ruvina, Moränengeschiebe mit untermischt? Ich habe diese Frage schon einmal aufgeworfen, ohne sie zu beantworten. Eine notdürftige Lösung derselben könnte man allerdings darin erblicken, dass die Fallhöhe der Pellegrinotrümmer, entsprechend dem Talgefälle diejenige der Ruvinatrümmer um ungefähr 80 m übertraf. Ob dieser Unterschied ausreicht, um im einen Fall die Geschiebe völlig zu vernichten und im Gneisschutt aufgehen zu lassen, die er im anderen ganz frisch erhalten hat?

Dass der Wall südlich San Pellegrino, zwischen Barolgia und Tessin aus Bergsturzsubstanz bestehe, konnte ich nicht mit Sicherheit dartun: er zeigt keine Aufschlüsse und ist nicht intakt erhalten ge-

Geologische Profile durch die Schuttablagerungen der Biaschina

- Valle Leventina (Tessin) -

von

Hans Nägeli

1918

1 : 10.000

A

Mittl. Leventina

B

Unt. Leventina

Prof. I

Prof. II

Prof. III

Prof. IV

Prof. V

Prof. VI

Prof. VII

Prof. VIII

Prof. IX

Prof. IXa

Prof. IXb

Prof. X

Prof. XI

Rodont

Lavorgo

Kehren der Strasse (Nivo) nach Chironico

Kehren der Strasse nach Anzonico

Kehren d. Strasse nach Anzonico

Anzonico

Campagna di sotto 745

Ruvina 800

Ruvina 810

Campiei 785

Chironico 780

Ruvina 785

Ausgang des Val Chironico

Strasse 785

Campagna 780

808

Grumo 825

Stollen 601

Altes Ticinettobett

780

Kraftwerk 601

Ticinetto-Schlucht

Strassen Kehren

Caslascio 861,2

850

Mte Pellegrino 780

Predello

Ganna di Pr.

Stat. Giornico 451

Ausgang des Val Osadigo

720

1324

Tirolo Barolgia 510

Barolgia 460

Weg nach Sacco 780

Castello 446

Barolgia 375

Tessin 588 Reta

Tessin 574

Tessin 580

Tessin 555

Tessin 500

Tessin 460

Tessin 440

Tessin E 415

Tessin E 405

Tessin 390

Tessin 365

Cavagnago

Str. n. Cavagnago

Kapelle 648

Giornico

Mittlere Profilrichtung:

WSW —— ENE

E = Tracé der Gotthardbahn

Strasse

T_2, T_3 = Terrassen (s. Text)

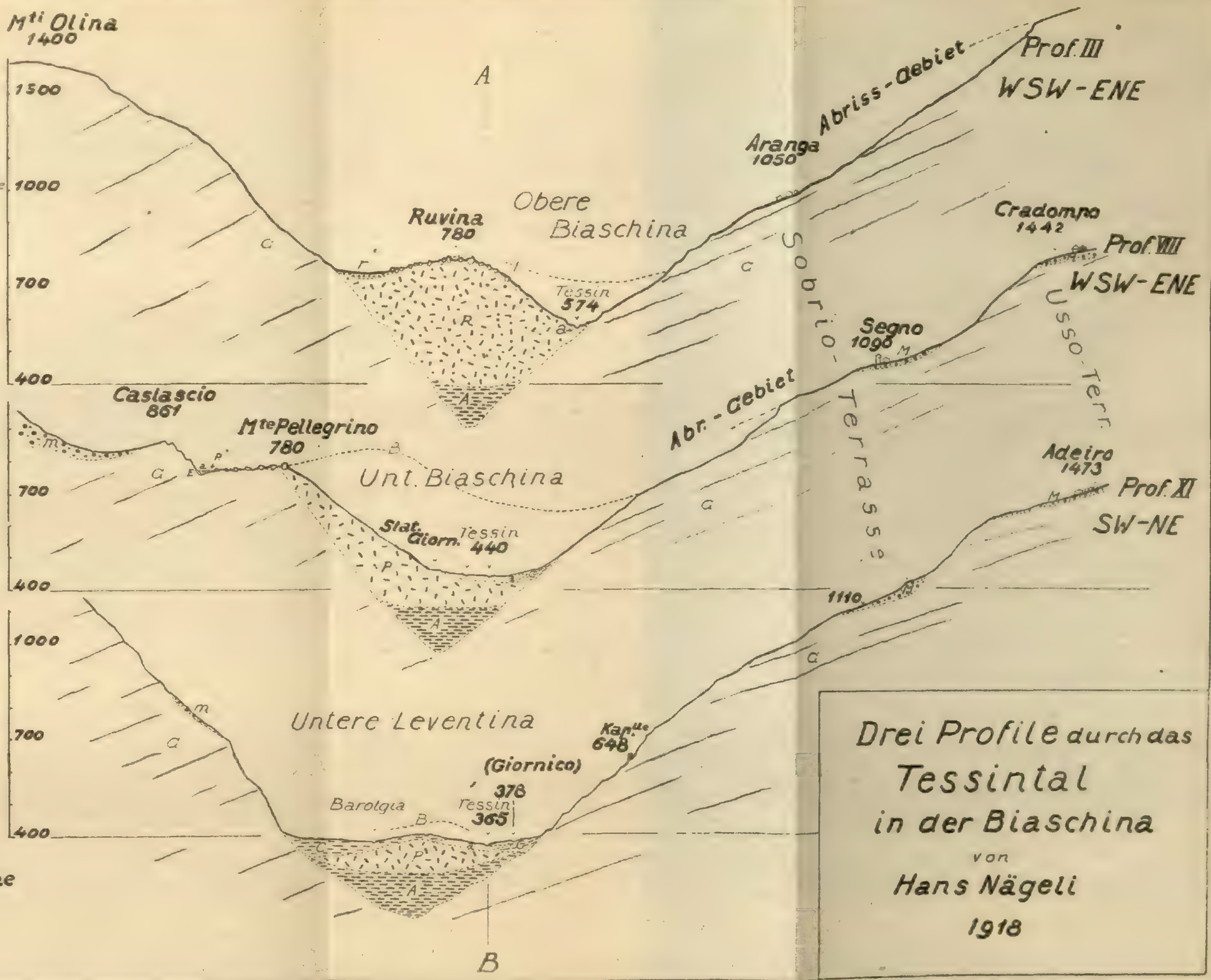
GEOGR. ANSTALT KUMMERLY & FREY BERN

Legende

(zu beiden Profiltafeln)

- Alluvium (vorwieg Schotter) älter als der Bergsturz inkl. Schuttkegel d. Seitenbäche
- Bachschuttkegel der Seitenbäche
- Gehängeschutt
- Trümmerwall zw. Barolgia u. Ticino
- Mt.e Pellegrino
- Ruvina
- Verschwemmtes Ruvina-Material
- Tessingl.- / Seitengl.- Moräne
- Gneiss
- B — Mutmassl. primäre Bergsturzoberfläche

1 : 20.000



Drei Profile durch das Tessintal in der Biaschina

von

Hans Nägeli

1918

GEOGR. ANSTALT KÜMMERLY & FREY BERN.

blieben; die Annahme ist aber ziemlich wahrscheinlich, wahrscheinlicher als für den „Schuttkegel von Nivo“, auf dem ausser Haldenschutt zuoberst überhaupt keine Stürzlinge Bergsturznatur andeuten. Diese Ablagerung mag vorläufig noch problematisch bleiben, sie ist aber oberhalb der Biaschina gelegen und bedeutet infolgedessen nicht sehr viel in der Bergsturzfrage.

Rätselhaft bleiben auch die Rotondogranite, die sich wohl unter den Geschieben der Ruvina, nicht aber unter denjenigen der Sobrioterrasse-Moränen finden liessen, und die Retatone, die man nicht als Absätze in einen Bergsturzsee ansehen kann. Weil die Rutschmassen den Ort ihrer Ablagerung nicht überflogen haben können, vielmehr selbst eingenommen haben müssen, müssen diese Retaabsätze entweder vor oder nach dem Bergsturz entstanden sein. Nach der Katastrophe wäre das selbstverständlich erst nach Wiederwegräumung des hier liegengebliebenen Sturzschuttes möglich gewesen.

Die Frage nach den „Ablagerungen von Lavorgo“ beeinträchtigt den Bergsturzvorgang selbst wiederum nicht, im Gegenteil ist sie durch diesen bedingt. Man wird sie mit Sicherheit beantworten können, sobald sich wieder einmal ein paar gute Aufschlüsse auftun. Das Übrige scheint mir nicht in der Schwebe, sondern recht gut konsolidiert zu sein.

Literaturverzeichnis.

Abkürzungen:

Lfg. = Lieferung; NF = Neue Folge; Nachl. = Geologische Nachlese; Proc. verb. = Procès verbaux; Sep. = Separatabdruck.
N. natf, Ges. = Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.
N. J. f. Min. = Neues Jahrhuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie.
Peterm. Mittg. = Petermanns Mitteilungen.
Jahrb. d. S. A. C. = Jahrbuch des Schweizerischen Alpenklubs.
Bull. soc. vaud. sc. nat. = Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles.
Ztschr. deutsch. geol. Ges. = Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Berlin.
Beitr. geol. Karte = Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz.
Ztschr. Ges. Erdk. Berl. = Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.
Viertelj. natf. Ges. = Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.
Zeitschr. deutsch-östr. Alpver. = Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins.
Mittg. natf. Ges. Bern = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern.
Ecl. = Eclogae geologicae helvetiae.
Diss. Zür. = Inaugural-Dissertation, Universität Zürich.

1. 1807. H. C. Escher. Über die Bergstürze in der Schweiz. N. natf. Ges. Blatt 9.
2. 1850. A. Escher von der Linth. Felsensturz zu Felsberg. N. J. f. Min. p. 624.
3. 1867. Dr. Gust. Langenbach. Der Bergsturz am Rioberthoud im Kanton Freiburg. Peterm. Mittg., p. 271.

4. 1868. A. Escher von der Linth. Tagebücher, Bd. 10. p. 150—152. Verschiedene Reisen, p. 86—87.
5. 1869. L. Rütimeyer. Über Tal- und Seebildung.
6. 1873. — Die Tessineralpen. Jahrb. d. S. A. C., Bd. 9, p. 327—361.
7. 1874/75. A. Baltzer. Über Bergstürze in den Alpen. Jahrb. d. S. A. C., 10. Jahrg., p, 409—457.
8. 1875/76. C. Seiler. Über den Passo del Laghetto. Jahrb. d. S. A. C. Bd. 11, p. 282—300.
9. 1876. W. Hellwag. Bericht über die Ausmittlung der Bahnachse und des Längsprofils der Gotthardbahn, p. 39—55.
10. 1877. S. Chavannes. Eboulis de flysch aux environs de Bex. Bull. soc. vaud. cs. nat. vol. XV. Proc. verb., p. 209.
11. 1880. A. Baltzer. Über Bergstürze. N. J. f. Min. Bd. 2, p. 197—199.
12. 1881. Philippe Godet. Ce qu'on fait les Alpes.
13. 1881. F. M. Stapff. Geologische Beobachtungen im Tessintal. Zeitschr. deutsch, geol. Ges., Bd. 33, p. 604—617.
14. 1882. Dr. Fr. Rolle. Das südwestliche Graubünden und der nordöstliche Tessin. Beitr. geol. Karte. Lfg. 23.
15. 1882. Alb. Heim. Über den Bergsturz von Elm. Zeitschr. deutsch. geol. Ges. Bd. 34, p. 74—115.
16. 1882. F. M. Stapff. Geologische Beobachtungen im Tessintal. Zeitschr. deutsch. geol. Ges., Bd. 34, p. 41—74, 511—556.
17. 1882. Vincenz Pollack. Beiträge zur Kenntnis der Bodenbewegungen. Jahrb. der k. k. geol. R.-A. Wien, Bd. 32, p. 565—587.
18. 1882. Alb. Heim. Über Bergstürze.
19. 1883. Alb. Heim. Der Bergsturz von Flims. Sep. Jahrb. d. S. A. C. Graubündner Oberland, p. 295—310.
20. 1884. Frank Lombard. Les catastrophes dans les Alpes. L'Echo des Alpes. Vol. XX—XXI, p. 244—270.
21. 1884. Dr. G. Hartung. Das alte Bergsturzgebiet von Flims. Zeitschr. Ges. Erdk. Berl., Bd. 19, p. 161—194.
22. 1885. Ed. Combe. Eboulements. L'Echo des Alpes, Vol. XX—XXI, p. 60.
23. 1888. S. Chavannes. Tauredunum. Bull. soc. vaud. sc. nat., Vol. XXIV, p. 173 bis 178.
24. 1889. M. Neumayr. Über Bergstürze. Zeitschr. deutsch-östr. Alpver., Bd. XX p. 19—57.
25. 1890. Alb. Heim. Die Rutschung au der Südostbahn zwischen Sattel und Steinerberg bei km 16,5.
26. 1892. H. Schardt. Sur le glissement qui a eu lieu depuis des sciècles près du village d'Epesses. Bull. soc. vaud. sc. nat. Vol. XXVIII. p. XXV.
27. 1894. A. Penck Morphologie der Erdoberfläche. Bd. 1, p. 222—231.
28. 1895. Alb. Heim. Der diluviale Bergsturz von Glärnich-Guppen. Viertelj. natf. Ges., Bd. 40. Nachl. No. 4. p. 1—32.
29. 1897. C. Schmidt. Der Murgang des Lammbaches bei Brienz. Himmel und Erde, p. 49—74.
30. 1898. H. Schardt. Eboulement préglaciaire près de Vugelles. Bull. soc. vaud. sc. nat. Vol. XXIII. Proc. verb., p. 1.
31. 1898. J. Hardmeyer. Der Bergsturz von Airolo vom 27. und 28. Dezember 1898. Die Schweiz (Illustr. Zeischr.), Bd. 2, p. 514—518.

Aug. Aeppli. Nähere Berichte, ibid. p. 519.
Ernst Zahn. Absturz vom Sasso rosso. Erste Nachricht von der Unglücksstätte. ibid. 518.

32. 1898. Alb. Heim. Die Bodenbewegungen von Campo im Maggiatal. Viertelj. natf. Ges. Bd. 43. Nachl. 8, p, 1—24.

33. 1898. Fr. Frech. Über Muren. Zeitschr. deutsch-östr. Alpver., p. 1—27.

34. 1899. Der Bergsturz von Airolo. Geographische Zeitschrift, herausgegeben von Dr. Alfr. Hettner, 5. Jahrg., p. 105.

35. 1900. J. Oberholzer. Monographie einiger prähistorischer Bergstürze in den Glarneralpen. Beitr. geol. Karte. N. F. Lfg. IX.

36. 1900. V. M. Davis. Glacial erosion in the valley of Ticino. Appalachia. Vol. IX. p. 136—156.

37. 1901. Dr. v. Fellenberg, Dr. Kissling. Dr. Schardt. Lötschberg- und Wildstrubeltunnel. Geologische Expertise. Mittg. natf. Ges. Bern, Jahrg. 1900, p. 100—132. p. 114: Das Schuttgebiet von Kandersteg.

38. 1902. A. Krafft. Eboulement préhistorique de Flims. Le Globe, Journal géographique. Tome XLI, p. 24—31.

39. 1902. Chironico (Piano di). Geographisches Lexicon der Schweiz, Bd. 1, p. 495.

40. 1903. A. Piwowar. Über Maximalböschungen trockener Schuttkegel und Schutthalden. Diss. Zür.

41. 1907. Paul Beck. Der diluviale Bergsturz von St. Beatenberg. Mittg. natf. Ges. Bern. Jahrg. 1906, p. XIII—XIV.

42. 1907. Victor Turnau. Beiträge zur Geologie der Berner Alpen. Mittg. Natf. Ges. Bern. Jahrg. 1906. p. 1—36.

43. 1907. H. Schardt. L'éboulement de Grugnay, près Chamoson. Tiré du bulletin Société Murithienne des sciences naturelles du Valais. Fasc. 34. p. 205—223.

44. 1908. J. Königsberger. Geologische Beobachtungen am Pizzo Forno (Schweiz, Kt. Tessin) und Beschreibungen der Minerallagerstätten des Tessinermassivs. N. J. f. Min., Bd. 26, p. 488—565.

45. 1908. Baltzer. Der Bergsturz von Kiental. Ecl., Bd. 10, p. 13.

46. 1909. Emil Gogarten. Terrainbewegungen in der Schweiz. Naturwissenschaftliche Wochenschrift N. F., Bd. VIII, p. 538—540.

47. 1909. Eug. Lienert. Besichtigung der Bauarbeiten für die Kraftanlage an der Biaschina. Schweizerische Techniker-Zeitung, VI. Jahrg., No. 6, p. 81—91.

48. 1909. Penck und Brückner. Die Alpen im Eiszeitalter, 3 Bände.

49. 1910. Maurice Lugeon. Sur l'éboulement de Sierre (Valais). Bull. soc. vaud. sc. nat. vol. 46, Proc. verb., p. LXII.

50. 1910. Leo Wehrli. Der Erdschlipf bei Sattel am Rossberg.

51. 1910. H. Schardt. Eboulement préhistorique de Chironico. Estratto dal Bolletino della Societa ticinese di Science naturali. Anno VI (Fascicolo Unico).

52. 1910. W. Staub. Die Tomalandschaften im Rheintal von Reichenau bis Chur. Jahresber. d. geogr. Ges. Bern, Bd. 22, p. 1—29.

53. 1910. Chr. Tarnuzzer. Der Felssturz von Valdätscha bei Trimmis. Sep. aus dem Jahresber. natf. Ges. Graubünden. Bd. LII, p. 53—60.

54. 1911. K. Stamm (Bonn). Schuttbewegungen. Geologische Rundschau. Bd. 2, Heft 3, p. 162—178.

55. 1912. H. Lautensach. Die Übertiefung des Tessingebiets. Monographische Studie.

56. 1912. Robert Schwinner. Der Monte Spinale bei Campiglio und andere Bergstürze in den Südalpen. Diss. Zür.
57. 1913/14. P. Arbenz. Die Rutschung am Ankenfelsen bei Kollbrunn im Tösstal. Mittg. d. Naturwissenschaftlichen Ges. in Winterthur. Heft 10. p. 100—107.
58. 1918. Chr. Tarnuzzer. Die prähistorischen Bergstürze im oberen Safiental. Sep. aus dem LVIII. Jahresber. der natf. Ges. Graubündens.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Historisches 1
Eigene Beobachtungen 18

A. Konkrete Tatsachen.

Anstehendes 18
Quellen 20
Die Aufschüttungen auf dem Talboden 21
a) Oberhalb Lavorgo 21
b) In der Biaschina 28
α) Die Ruvina 28
β) Der Bergsturz von San Pellegrino 32
γ) Die Schuttmasse zwischen Barolgia und Tessin 33
δ) Die Tomahaufen von Giornico 36

B. Theoretische Alternativen.

a) Der Bergsturz von San Pellegrino 37
b) Die Ruvina 41
Chronologisch zusammenfassende Schlussbetrachtung 49
Literaturverzeichnis 55

Das Wasserstoffatom, der atomistische Äther und das Plancksche Wirkungsquantum.

Von

L. Zehnder.

(Als Manuskript eingegangen am 6. Mai 1919.)

Im Jahre 1904 wurde von J. J. Thomson[1]) ein Atommodell mit Elektronen, die in einer positiv geladenen Kugel verteilt sind, von H. Nagaoka[2]) ein (übrigens nach diesem Verfasser schon von O. Lodge in seinen Vorlesungen vorgeschlagenes) anderes Atommodell mit Elektronen, die in gleicher Kreisbahn um einen positiven Atomkern kreisen, eingehend beschrieben; das letztere wurde dann von J. W. Nicholson[3]) und von E. Rutherford[4]) weiter entwickelt, wobei ersterer die von den Astronomen in fernen Sternen und in der Sonnenkorona entdeckten und noch in keiner Weise mit irdischen Stoffen identifizierten Spektrallinien auf derart aufgebaute hypothetische Nebulium- und Protofluorin-Atome zurückzuführen versuchte, während letzterer besonders die leichte Durchdringbarkeit aller Atome für α- und β-Teilchen, sowie die Streuung und Reflexion dieser Teilchen durch sein Atommodell auseinandersetzte. Einen durchschlagenden Erfolg hatte aber erst N. Bohr[5]), der das Lodge-Nagaoka-Rutherfordsche Atommodell durch Aufnahme der Planckschen Quantentheorie erweiterte, indem er annahm, die Elektronen könnten, unter Aufnahme oder Abgabe bestimmter Energiequanten bei den entsprechenden Übergängen, nur in einzelnen ganz bestimmten stabilen Kreisbahnen um die positiven Atomkerne kreisen und nur beim Überspringen von einer stabilen Bahn zur andern strahle das Elektron ein Energiequantum aus, während seines Kreisens selber strahle es dagegen nicht. Unter Anwendung zweier verschiedener, sich anscheinend widersprechender Quantenansätze (vgl. S. 82) gelang es N. Bohr, zu zeigen, dass sein Wasserstoffatommodell die Spektrallinien der Balmerserie ausstrahle und dass sich die Rydbergsche Konstante R aller Spektralserien aus den Konstanten: Masse m, Ladung e des

---

[1]) J. J. Thomson, Phil. Mag. 7, 237, 1904.
[2]) H. Nagaoka, Phil. Mag. 7, 445, 1904.
[3]) J. W. Nicholson, Month. Not. Roy. Astr. Soc. 72, 49, 139, 1911.
[4]) E. Rutherford, Phil. Mag. *21*, 669, 1911.
[5]) N. Bohr, Phil. Mag. *26*, 1, 476, 857, 1913.

Elektrons und aus dem Planckschen Wirkungsquantum h eindeutig als $R = 2\pi^2 m e^4/h^3$ berechnen lasse. Freilich konnte er, um das Fehlen der Strahlung während des gleichmässigen Kreisens der Elektronen begreiflich zu machen, die Gültigkeit der Maxwellschen Gleichungen nicht mehr anerkennen. Für diese Ausstrahlung fehlt überhaupt eine elektrodynamische Begründung [1]) und die Lorentzsche Elektronentheorie ist mit diesem Atommodell auch nicht verträglich [2]). Das Atommodell wirkt vermöge der kreisenden Elektronen nach aussen wie ein Magnet [3]), so dass auch die Einstein- und de Haasschen Berechnungen für dasselbe gültig und Ampèresche Molekularströme [4]) bei ihm nachweisbar sein müssten. Je nachdem das Elektron von dem nächstäusseren oder von einem noch weiter aussen befindlichen Stabilitätskreise auf den innern Kreis springt. nimmt es ein oder entsprechend viele Energiequanten auf, strahlt aber bei jedem dieser Sprünge, ob sie klein oder gross sind, immer nur ein einziges Energiequantum aus (N. Bohr, l. c. S. 8) [5]). Man muss sich fragen, wie viel Zeit das Elektron braucht, um von einem zum andern dieser Stabilitätskreise zu springen, und wie lange es strahlt? [6]) Nach den Ergebnissen der Interferenzen bei grossen Gangunterschieden strahlt es doch länger als es springt! Wenn sodann das Atom absorbiert, so müsste dies wohl beim Zurückspringen geschehen; nach M. Plancks neuer Strahlungshypothese [7]) ist aber nur die Emission unstetig, quantenhaft, die Absorption soll dagegen stetig erfolgen.

Verschiedene Forscher haben seither das Bohrsche Atommodell weiter ausgebildet [8]); namentlich hat A. Sommerfeld mittels entsprechender Quantenansätze elliptische stabile Elektronenbahnen der mathematischen Behandlung unterzogen und hiermit Feinstrukturen der optischen und der Röntgen-Spektrallinien ausgerechnet, deren erstere durch F. Paschens Messungen [9]), letztere durch W. Kossel (l. c.) u. A. zum grossen Teil bestätigt worden sind. Aber

[1]) P. Debye, Ber. Münch. Akad. 1915, S. 1.
[2]) C. W. Oseen, Phys. ZS. *16*, 404, 1915.
[3]) Th. Wereide, Ann. d. Phys. *49*, 988, 1916.
[4]) A. Einstein und W. J. de Haas, Verh. d. D. Phys. Ges. *17*, 152, 1915.
[5]) Vgl. A. Sommerfeld, Ann. d. Phys. *51*, 14, 1916.
[6]) Vgl. J. Stark, Ann. d. Phys. *54*, 114, 1916.
[7]) M. Planck, Verh. d. D. Phys. Ges. *13*, 138, 1911.
[8]) Vgl. z. B. E. Warburg, Verh. d. D Phys. Ges. *15*, 1259, 1913; L. Föppl, Phys. ZS. *15*, 707, 1914; W. Kossel, Verh. d. D. Phys. Ges. *16*, 898, 1914; R. Swinne, Phys. ZS. *17*, 481, 1916; A. Sommerfeld. Ann. d. Phys. *51*, 1, 1916; P. Debye, Phys. ZS. *18*, 276, 1917 u. a.
[9]) F. Paschen, Ann. d. Phys. *50*, 906, 1916.

alle berechneten Spektrallinien scheinen doch nicht aufgefunden worden zu sein, oder sie befinden sich nicht tatsächlich an den berechneten Stellen. Dadurch wird man genötigt sein, immer verwickeltere Hypothesen über das Bohrsche Atommodell den Berechnungen zugrunde zu legen, und schliesslich wird man wohl zur bestimmten Überzeugung gelangen, dass es unmöglich ist, mit diesem Bohrschen Atommodell alle Versuchsergebnisse einwandfrei abzuleiten.

Schon viele Theorien sind zuerst zu hoher Blüte gelangt und nachher, wenn sie an einer gewissen Grenze der Erklärungsmöglichkeit angelangt waren, verfielen sie dem Schicksal, verworfen und verlassen zu werden. Die Newtonsche Emissionshypothese des Lichts siegte anfangs vermöge der ungeheuren Autorität ihres Urhebers über die Huyghenssche elastische Undulationshypothese, bis schliesslich namentlich durch die Erfolge der französischen Physiker ein Umschwung zugunsten der letzteren erfolgte. Aber dann unterlag auch diese elastische Undulationstheorie ihrerseits; durch die Hertzschen Versuche wurde die Maxwellsche elektromagnetische Lichttheorie endgültig an ihre Stelle gesetzt. Ein Stein des Anstosses war für die elastische Lichttheorie stets die Balmersche Serie von Spektrallinien [1]); denn „bei den Schwingungen elastischer Körper kommt die Erscheinung nicht vor, dass eine Serie von Eigenfrequenzen gegen einen endlichen Grenzwert konvergiert“ [2]). Ein weiterer Streit entstand um die kinetische Gastheorie. So viele Beziehungen und Aufschlüsse über die kleinsten Teilchen, die Molekeln und Atome, durch sie gegeben worden sind, über die Strahlungserscheinungen derselben hat sie doch keine Auskunft zu geben vermocht. Auch die Plancksche Quantentheorie, welche N. Bohr die Balmerserie aus seinem Atommodell zu berechnen ermöglichte, hat neben eifrigen Verfechtern zahlreiche Widersacher gefunden, die sie entbehrlich machen oder gar vollends beseitigen möchten. Ähnlich ergeht es der Einsteinschen Relativitätstheorie und seiner Lichtquantentheorie, mit der A. Einstein die Newtonsche Emissionshypothese gewissermassen wieder aufleben lässt. In der Tat wird durch diese modernen Theorien an den Grundpfeilern der theoretischen Physik, an ihren wichtigsten Prinzipien dermassen gerüttelt, dass wir bald nicht mehr wissen, was wir noch als feste Basis für den Aufbau unserer Wissenschaft betrachten dürfen.[3]) Besonders M. Planck scheint die ungünstige Lage,

[1]) Vgl. z. B. W. Ritz, Ann. d. Phys. *12*, 264, 1903.

[2]) J. Stark, Ann. d. Phys., *50*, 84, 1916.

[3]) Vgl. z. B. M. Planck, Ann. d. Phys. *26*, 1, 1908; *31*, 768, 1910; *37*, 642, 1912: Verh. d. D. Phys. Ges. *13*, 139, 1911; *19*, 43, 1917; H. A. Lorentz, Phys. ZS. *11*, 352, 1239, 1910; R. Gans und A. P. Miguez, Ann. d. Phys. *52*, 307, 1916; A. Som-

in die wir durch die teilweise Verwerfung der bisherigen fundamentalen Prinzipien der Physik geraten sind, lebhaft zu bedauern, immer wieder sucht er in seinen Arbeiten das eine oder andere derselben zu „retten.“ [1])

Wenn eine neue Theorie rasch Boden gewinnt, wenn sie viele bis dahin rätselhafte Beziehungen aufhellt und dadurch wunderbare Erfolge feiert, sollte man da nicht denken, es müsse wenigstens etwas Wahres an ihr sein? Wäre es nicht zweckmässiger, die Grenzen einer Theorie, die nicht alles zu erklären vermag, aufzusuchen und die letzte Aufklärung, warum es solche Grenzen gibt, einer späteren Zeit zu überlassen, als die ganze Theorie ohne weiteres zu verwerfen? Viele Physiker sind allerdings in neuerer Zeit auf diesem zweckmässigeren Wege vorgegangen. Offenbar sind wir eben bei unserer gegenwärtigen Erkenntnis, obwohl wir in den letzten Jahrzehnten tiefste Einblicke in den Aufbau der Materie, der Molekeln und Atome, erhalten haben, doch noch nicht fähig, alles ins einzelne richtig zu übersehen, weil die von uns tatsächlich beobachteten Erscheinungen immer noch viel zu verwickelt sind.

In seiner „Einheit des physikalischen Weltbildes“ sagt M. Planck[2]): „Gegenwärtig stehen sich noch zwei grosse Gebiete gegenüber: die Mechanik und die Elektrodynamik, oder wie man auch sagt: die Physik der Materie und die Physik des Äthers . . . Der ursprüngliche Gegensatz zwischen Äther und Materie scheint mir etwas im Schwinden begriffen zu sein. Elektrodynamik und Mechanik stehen sich gar nicht so ausschliessend gegenüber, wie das in weiteren Kreisen gewöhnlich angenommen wird, wo sogar schon von einem Kampf zwischen der mechanischen und der elektrodynamischen Weltanschauung gesprochen wird. . . . Eine passend verallgemeinerte Auffassung der Mechanik könnte daher sehr wohl auch die Elektrodynamik mit umschliessen. . . . Wenn also der Gegensatz zwischen Äther und Materie einmal überbrückt ist, welcher Gesichtspunkt wird dann in endgültiger Weise der Einteilung des Systems der Physik zugrunde gelegt werden?“ Die Hypothese eines atomistischen Äthers, dessen Atome gar keine neuen, keine andern Eigenschaften als die bisher bekannten Körperatome haben, nur quantitativ von ihnen verschieden sind, scheint mir die gesuchte Brücke zwischen der Mechanik und der Elektrodynamik zu bilden.

---

merfeld. Ann. d. Phys. *53*, 501, 1917; M. v. Laue, Verh. d. D. Phys. Ges. *19*, 131, 1917; A. Einstein, Phys. ZS. *18*, 121, 1917; R. Malmström. Phys. ZS. *18*, 454, 1917; G. Mie, Phys. ZS. *18*, 551, 554, 1917.

[1]) Vergl. z. B. M. Planck, Verh. d. D. Phys. Ges. *18*. 172, 1916.

[2]) M. Planck, Phys. ZS. *10*, 64, 1909.

Mit grossen Erfolgen hat man bisher grösstenteils den induktiven Forschungsweg eingeschlagen. Namentlich durch die Bohrschen und die daran anschliessenden Arbeiten ist man zu merkwürdigen, sehr verwickelten Vorstellungen über den Bau des Atoms gekommen. „Ein Atom ist eine ganze Welt für sich.“[1]): zahlreiche, zum Teil sogar bis etwa hundert Elektronen oder noch mehr kreisen in den Atomen höchster Atomgewichte in kreisförmigen oder elliptischen stabilisierten Bahnen um ihren gemeinsamen positiven Atomkern, wie ebenso viele Planeten um ihre gemeinsame Sonne, wobei die Elektronen und besonders die Atomkerne im Vergleich zu den Elektronenbahndurchmessern äusserst klein sein sollen; unvermittelte elektrische Fernkräfte, anziehende und abstossende, müssen dabei zwischen den positiv und negativ elektrischen Teilchen der Atome, bezw. zwischen den Elektronen derselben wirksam sein, wenn nicht eine wesentlich feinere Substanz, der Äther, diese Vermittlung übernimmt. Obwohl also einerseits das Atom ein ganz verwickeltes Planetensystem im kleinen sein soll, lassen doch andererseits sehr viele Forscher noch elastische Kräfte zwischen den benachbarten Atomen wirksam sein; viele von ihnen nennen dann allerdings die Kräfte „quasielastisch“, die sie ihren Rechnungen zugrunde legen, um durch diese Benennung anzudeuten, dass sie an wirklich elastische Kräfte nicht glauben wollen. Sogar A. Einstein[2]) schreibt bei der Behandlung der spezifischen Wärme fester Körper, „dass sich beim Silber Sutherlands Auffassung[3]) von der Wesensgleichheit der elastischen und der die Eigenfrequenz bestimmenden Kräfte befriedigend bestätigt“[4]). Hiernach scheint mir mein Verlangen nicht ungerechtfertigt, die wirklich elastischen Vorgänge in den Atomen wieder mehr in den Kreis der Betrachtungen zu ziehen und von den möglichst einfachen kleinsten Teilchen als Atomen ausgehend auf deduktivem Wege die Vorgänge und Wirkungen in solchen Atomen zu erforschen. Es wird sich zeigen, dass wir auch in dieser Richtung der Berücksichtigung der elastischen Vorgänge gegenwärtig viel tiefere Einblicke in den Atombau haben, als vor Jahrzehnten, und dass insbesondere die Behauptung nicht mehr gerechtfertigt ist, Spektral-

[1]) M. Born, Phys. ZS. *10*, 1031, 1909.
[2]) A. Einstein, Ann. d. Phys., *34*, 171, 1911.
[3]) W. Sutherland, Phil. Mag. (6), *20*, 657, 1910.
[4]) Vgl. M. Thiesen, Verh. d. D. Phys. Ges. *10*, 948, 1908; Madelung, Phys. ZS. *11*, 898, 1910; A. Einstein, Ann. d. Phys. *35*, 680, 1911; P. Debye, Ann. d. Phys. *39*, 838, 839, 1912; Phys. ZS. *14*, 259, 1913; M. Planck, Phys. ZS. *14*, 258, 1913; A. Sommerfeld, Phys. ZS. *14*, 262, 1913; H. A. Lorentz, Phys. ZS. *14*, 263, 1913; W. H. Keesom, Phys. ZS. *15*, 10, 1914; W. Nernst, Verh. d. D. Phys. Ges. *18*, 86, 1916; Th. Wereide, Ann. d. Phys. *49*, 980, 1916.

serien durch elastische Schwingungen in den Atomen mit endlichen Grenzen der Schwingungszahlen seien nicht möglich.

Seit langer Zeit hat Lord Kelvin an der Vorstellung eines festen Äthers festgehalten. Er schrieb noch kurz vor seinem Tode[1]): „Wir sind zu der Schlussfolgerung getrieben, dass der Äther ein elastischer fester Körper ist, in dem Wellen ohne Änderung des Volumens möglich sind, wobei die bewegende Kraft in dem elastischen Widerstand gegen Formänderung besteht". Auch hat sich bekanntlich Lord Kelvin früher den Äther als „quasirigid", aber aus „Wirbelatomen" bestehend vorgestellt, welche Atome unter gewissen Verhältnissen wieder „quasilabil" sein sollten. Meine Ätherhypothese unterscheidet sich von der Lord Kelvinschen durch ihre ausserordentliche Einfachheit und unbedingte physikalische Vorstellbarkeit[2]). Nach meiner Hypothese ist der Äther atomistisch aufgebaut; seine Atome sind kugelförmig, ungemein viel kleiner und leichter als alle anderen, als die „Körperatome", aber ebenso wie diese von homogener, vollkommen elastischer Substanz erfüllt, und ausserdem gleichfalls der allgemeinen Gravitation unterworfen. Doch ist die Ätheratomsubstanz von der Körperatomsubstanz wesentlich verschieden, jene muss viel leichter sein als diese. Hiernach gelten für den Äther, soweit er sich in einem gasartigen Zustand mit diskret verteilten Ätheratomen befindet, die Gesetze der kinetischen Gastheorie; bei sinngemässer Übertragung gelten für ihn auch die Gesetze der Thermodynamik. Die ungeordnete Molekularbewegung der Ätheratome oder — kurz gesagt — die „Ätheratombewegung", also die „Wärme des Äthers" ist meines Erachtens das, was wir Elektrizität nennen. Meine Elektrizitätshypothese ist also unitarisch. Die mittlere Ätheratomgeschwindigkeit (Molekulargeschwindigkeit des Äthers) ist ausserordentlich gross, wie wir schon aus dem Äquipartitionsgesetz, das allerdings für die Wechselwirkungen zwischen den Körperatomen und den so viel kleineren Ätheratomen nicht unmittelbar gültig sein wird, doch wenigstens der Grössenordnung nach ungefähr schliessen dürfen; durch die Gravitationswirkungen aller Weltkörper des Weltalls sind die Ätheratomgeschwindigkeiten in unseren Weltgegenden auf ungeheuer grosse Werte von der Grössenordnung der Lichtgeschwindigkeit gebracht worden. Die Lichtgeschwindigkeit steht zu der mittleren Ätheratomgeschwindigkeit in ähnlicher Beziehung wie

---

[1]) Lord Kelvin, Phys. ZS. *9*, 3, 1908.

[2]) L. Zehnder, Verh. d. D. Phys. Ges. *14*, 438, 1912; *15*, 1317, 1913; *18*. 134, 181, 324, 1916; Arch. sc. phys. et nat. (4) *42*, 201, 1916; Verh. Schweiz. Naturf. Ges. Zürich, 181, 1917.

die Schallgeschwindigkeit in einem Gase zu seiner mittleren Molekulargeschwindigkeit.

Aber nicht überall befindet sich der Äther in gasartigem Zustande. Stösst nämlich ein etwa mit Lichtgeschwindigkeit fliegendes Ätheratom zentral auf ein mehr oder weniger ruhendes Körperatom, so muss es, vermöge des elastischen Zusammenstosses, seine Geschwindigkeit rasch verlieren; da die Masse des Körperatoms ungemein viel grösser ist als die des Ätheratoms, wird die Geschwindigkeit des letzteren sogar vorübergehend auf Null gebracht, nachher erhält es eine entgegengesetzt gerichtete Geschwindigkeit von ungefähr ihrem ursprünglichen Wert. Wenn sich nun unser betrachtetes Körperatom an einer Stelle des Weltraums befindet, wo vermöge der allgemeinen Gravitation die Ätherdichte genügend gross ist, so wird auf das genannte Atheratom schon ein zweites heranfliegendes Ätheratom stossen, bevor es seine der ursprünglichen entgegengesetzt gerichtete Geschwindigkeit erhalten hat. Dieser zweite Stoss kann sogar schon in dem Augenblick erfolgen, in dem das erstgenannte Ätheratom die Geschwindigkeit Null erlangt hat, oder noch früher. Wenn dann rings um das Körperatom die Verhältnisse bezüglich des umgebenden Äthers dieselben sind, muss unser Körperatom eine dauernde Ätherhülle erhalten, die es nur in einem ganz anderen Weltraum verlieren könnte, wo die Ätherdichte einen entsprechend geringeren Wert hätte. So besitzt jedes Körperatom seine eigene flüssige oder vielleicht zum Teil sogar feste Ätherhülle, die auch bei den heftigsten Körperatom-Zusammenstössen nur deformiert oder aufgewühlt, aber nie völlig beseitigt werden kann. Diese Ätherhülle steht mit dem sie umgebenden Äther in dynamischem Gleichgewicht: bei besonders heftigen Stössen gegen die Ätherhülle werden sich ein oder mehrere Ätheratome von der Ätherhülle ablösen und in den aussen befindlichen Ätherraum übertreten. Sie werden also „verdampfen“. Aber in kürzester Zeit wird sich die Ätherhülle wieder ebenso viele Ätheratome einverleiben, wie sie verloren hat, sodass ihr mittlerer Bestand an Ätheratomen einem gewissen statistischen Mittelwert entspricht. Ebenso wie jedes Körperatom hat jede Molekel ihre eigene Ätherhülle; jeder beliebige Körper, jeder Weltkörper hat seine eigene Ätherhülle, die er bei seiner Bewegung stets mit sich führt. (Aus analogen Gründen hat jeder in unserer feuchten Atmosphäre befindliche Körper eine Wasserhaut und wahrscheinlich auch eine Lufthaut). Die von unserer Erde mitgerissene Ätherhülle, die ihrem Volumen nach unserer gesamten Erdatmosphäre nahekommen mag, erklärt uns das negative Ergebnis des Michelson- und Morleyschen Versuchs der

Bestimmung einer Relativbewegung zwischen Erde und Weltäther. Die Polarisation des Lichts, die transversalen Lichtwellen und elektrischen Wellen machen es wahrscheinlich, dass der Äther in dem Bereich, in dem wir unsere Versuche anstellen können, also namentlich im Bereich der zugänglichen Teile unserer Erdatmosphäre, einen flüssigen oder sogar festen „Aggregatzustand“ besitzt. Indessen glaube ich, dass man im Äther nicht verschiedene Aggregatzustände streng voneinander abgrenzen darf, weil ausser dem in unserem genannten Bereich herrschenden überaus grossen Ätherdruck — wie er aus der ungeheuer grossen Ätheratomgeschwindigkeit (etwa Lichtgeschwindigkeit) und der relativ grossen Ätherdichte gefolgert werden muss — zwischen den einzelnen Ätheratomen nur noch die äusserst geringen Gravitationskräfte von Ätheratom zu Ätheratom wirksam sind. Molekulare Kräfte, wie sie als Affinität, Kohäsion, Adhäsion, Oberflächenspannung zwischen Körperatomen und Molekeln wirksam sind, gibt es also im reinen Äther nicht. Daher wird zwar die unmittelbar den Körperatomen anliegende Ätherhülle durchaus den Eindruck eines f e s t e n Körpers machen, weil hier die Ätheratome so fest an die Körperatomoberfläche gepresst werden, dass sie fast vollkommen zu ruhen scheinen. Je weiter aber die Ätheratome in dieser Ätherhülle (endlicher Dicke) von der Körperatomoberfläche entfernt sind, um so grösser sind auch ihre mittleren Geschwindigkeiten des Hin- und Herzuckens von Stoss zu Stoss, sogar dann, wenn sie dauernd so eng zusammengepresst sind, dass sie keinen Augenblick frei schwingen, dass sie sich auch nur äusserst schwer, nur äusserst langsam (gewissermassen ab und zu ruckweise) um eine eigene Achse zu drehen imstande sind. In diesem Zustand möchte ich den Äther als „q u a s i f e s t“ (quasirigid nach Lord K e l v i n) bezeichnen. Noch weiter entfernt von der Körperatomoberfläche sind dann die mittleren Ätheratomgeschwindigkeiten schon so gross, dass die Ätheratome vorübergehend auch einmal ihre Kugelgestalt annehmen, so dass wir hier von einem f l ü s s i g e n Äther sprechen können, und am weitesten aussen wird sich der Äther in vollkommen g a s f ö r m i g e m Zustand befinden. Vermutlich werden also keine die Aggregatzustände des Äthers scharf voneinander trennenden Grenzen vorhanden sein, analog wie bei aller anderern Materie, sofern sich diese im „kritischen“ Zustande der Temperatur oder bei noch höherer Temperatur befindet. Bezüglich der Transversalität der Ätherwellen wäre aber auch noch zu überlegen, ob nicht vielleicht flüssige oder sogar gasförmige Substanzen genügender Dichte äusserst raschen Schwingungen Widerstände entgegensetzen, die wir von den mit scherenden Kräften verbundenen Widerständen kaum zu unter-

scheiden imstande sind[1]). Man denke z. B. an die so verschiedenen Wirkungen des Propellers eines Flugzeugs auf die umgebende Luft bei langsamer und bei sehr schneller Rotation desselben! Im sehr verdünnten gasförmigen Äther wären dann die Lichtwellen longitudinal, aber in unserem Sonnensystem oder vielleicht erst in unserer Erdatmosphäre mit ihrer grossen Ätherdichte würden sie in transversale Wellen verwandelt, analog wie sich vermutlich longitudinale Schallwellen, die senkrecht auf eine horizontale Wasseroberfläche treffen, im Inneren des Wassers wenigstens zum Teil als transversale Wellen fortpflanzen.

Schon in meinen bisherigen obgenannten Arbeiten habe ich darauf hingewiesen, dass ein flüssiger und sogar ein quasifester Äther Fremdkörpern, die durch ihn hindurchfliegen, also Atomen, Molekeln, Weltkörpern, keinen beträchtlichen Widerstand entgegensetzen wird, sofern nur die Eigengeschwindigkeiten dieser Fremdkörper klein sind im Vergleich zu den Ätheratomgeschwindigkeiten. Je stärker nämlich die Ätheratome im flüssigen, quasifesten, festen Aggregatzustand des Äthers zusammenpresst worden sind, um so mehr haben sie ihre ursprüngliche kinetische Energie verloren, um so mehr ist diese Energie latent geworden, in potentielle Energie übergegangen. Würde der äussere Ätherdruck, der auf solchem flüssigen, quasifesten oder festen Äther lastet, nur einen Augenblick weggenommen, so müssten die betreffenden entlasteten Ätheratome in allerkürzester Zeit ihre potentielle Energie wieder in kinetische verwandeln, mit Lichtgeschwindigkeiten würden sie auseinander stieben. Es scheint mir nun, dass ein durch flüssigen oder quasifesten Äther relativ langsam hindurchfliegender Körper den genannten Ätherdruck durch Abschirmung entsprechender freier heranfliegender Ätheratome teilweise aufhebt: weil er sich weit weniger schnell bewegt, als mit der diesen freien Ätheratomen zukommenden ungefähren Lichtgeschwindigkeit, wird *vor* ihm kein wesentlich grösserer, seine Bewegung hemmender Druck erzeugt, als *hinter* ihm ein neuer, seine Bewegung beschleunigender Druck entsteht. So werden durch den Äther hindurchfliegende Fremdkörper in ihm einen um so geringeren Gegendruck oder Widerstand finden, je grösser das Verhältnis ihrer Masse zu ihrer Oberfläche ist. Verhältnismässig gross muss dieser Widerstand für die kleinsten leichtesten Körperatome, also namentlich für die Wasserstoffatome ausfallen. Jede Geschwindigkeitsverminderung der Fremdkörper muss jedoch, teilweise wenigstens, eine Geschwindigkeitsvermehrung der Ätheratome selber, also eine gewisse Elektrizitätsentwicklung oder eine Strahlung

[1]) Vgl. R. Reiger, Ann. d. Phys. *31*, 51, 1910; *34*, 258, 1911.

zur Folge haben, wegen der angenommenen vollkommenen Elastizität der Substanzen der zusammenstossenden Atome, oder beides zugleich muss eintreten. Denn Energie kann ja wegen dieser vollkommenen Elastizität nicht verloren gehen. Durch Austausch von Wärme, Strahlung, Elektrizität wird aber jener Geschwindigkeitsverlust in vielen Fällen durch die Umgebung, z. B. durch die Wandungen, immer wieder ersetzt.

Unser atomistische Äther hat anscheinend die wesentlichsten Eigenschaften des von W. Nernst vorausgeahnten Äthers, der eine ungeheure im Kubikzentimeter aufgespeicherte Energie enthält[1]), vermöge der Ätheratomgeschwindigkeiten von der Grössenordnung der Lichtgeschwindigkeit. Die von Ätherhüllen umgebenen Körperatome haben die schon von M. Planck[2]) vorausgeahnte „Nullpunktsenergie". Der von Äther erfüllte, sonst leere Raum besitzt die von den schwingenden Körperatomen. den „Oszillatoren" M. Plancks, ausgegangene, auf den Äther übertragene Strahlung. Als Nullpunktsenergie möchte ich aber nicht nur die in der Körperatom-Ätherhülle noch vorhandene kinetische Energie ihrer Ätheratome und die in ihnen verborgene „latente" [3]) potentielle Energie verstanden wissen, sondern auch die sogar beim absoluten Temperatur-Nullpunkt den Körperatomen als Gesamtheiten noch zukommenden Hin- und Herbewegungen und ihre inneren Schwingungsbewegungen[4]). Denn vermöge der zwar im Mittel ringsum gleich stark, aber tatsächlich doch einmal von der einen Seite, das andere Mal von einer anderen Seite stärker erfolgenden Anstösse durch die so heftig (etwa mit Lichtgeschwindigkeit) heranstürmenden Ätheratome muss sich bei den Körperatomen eine der Brownschen Bewegung ganz analoge Hin- und Herbewegung einstellen, und die Körperatome müssen dadurch ausserdem noch zu ihren Eigenschwingungen angeregt werden, wenn auch diese Schwingungen so klein sein werden, dass sie von uns einstweilen in keiner Weise unmittelbar nachgewiesen werden können.

Ein Volumen im Äther — ein Körperatom, eine Molekel oder ein grösserer Körper — ist meiner unitarischen Elektrizitätshypothese gemäss positiv oder negativ elektrisch, je nachdem in ihm die mittlere Ätheratomgeschwindigkeit kleiner oder grösser ist als in seiner Um-

---

[1]) W. Nernst Verh. d. D. Phys. Ges. *18*, 85, 1916.

[2]) M. Planck, Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss., 13. Juni 1907, S. 566; Vorles. üb. d. Theorie d. Wärmestr., 2. Aufl., S. 140, 1913.

[3]) Vgl. Th. Wereide, Ann. d. Phys. *49*, 985, 1916.

[4]) Vgl. A. Einstein, Ann. d. Phys. *22*, 188, 1905; A. Einstein und O. Stern, Ann. d. Phys. *40*, 551. 1913; C. Benedicks, Ann. d. Phys. *42*, 133, 1913; W. Nernst, Verh. d. D. Phys. Ges. *18*, 90, 1916.

gebung[1]). Ein gewisser grösserer Komplex von wahrscheinlich vielen Tausenden von Ätheratomen verstärkter Ätheratombewegung bildet das Elektron. Dieses ist indessen nicht ein unteilbares Elektrizitätsatom, sondern es ist teilbar, und elektrische Ladungen kleinster Körperchen können das Elektron beliebig unterschreiten[2]). Das ausgeschleuderte Elektron kann in gewisser Weise als „Ätherwind" aufgefasst werden, der eine grössere Gasmenge zu ionisieren imstande ist. Je grösser die Geschwindigkeit des Elektrons ist, eine um so grössere Masse des umgebenden Äthers reisst es mit sich, um so grösser ist also auch seine scheinbare Masse[3]), ganz analog wie ein Geschoss bei seinem Fluge eine um so grössere Lufthülle mit sich reisst (gleichsam eine Luftkappe vor sich herstösst), je schneller es fliegt.

Die Annahme erscheint mir am naheliegendsten, dass die bewegte Elektrizitätsmenge e proportional der bewegten Äthermasse m, das absolute Potential P proportional dem Quadrat der Ätheratomgeschwindigkeit v sei, entsprechend der Gleichung: $Pe = m\,v^2/2$.

Ein Atom eines ferromagnetischen Körpers, das durch seinen Aufbau aus kleineren Bausteinen beispielsweise etwa die Form einer kleinsten runden Kreissäge mit einigen wenigen entsprechend gleichorientierten Zähnen besitzt[4]), wird in unserem freien Äther von selber einen elektrischen Kreisstrom erhalten, weil durch die zahlreichen, nicht nur radial, sondern auch schief oder sogar tangential erfolgenden Stösse der Ätheratome seiner Umgebung seine Ätherhülle tangentiale Komponenten bekommt, die zu einer teilweisen Rotation dieser Hülle in der Richtung des geringsten Widerstandes — also nicht gegen die Zähne, sondern mit ihnen — führen muss. Aber der Widerstand, der dieser Rotationsbewegung entgegengesetzt wird, ist nicht unendlich klein, wie A. Einstein und W. J. de Haas (l. c.) beim Bohrschen Atommodell voraussetzten, sondern endlich. Dennoch hört die Rotation der Ätherhülle um das Körperatom nicht auf, das Körperatom bleibt also permanent magnetisch, weil diese Rotation durch die Ätheratombewegung der Umgebung, natürlich auf Kosten letzterer Bewegung, fortwährend neu erzeugt wird bezw. dauernd erhalten bleibt.

Aus dem Ätherdruck, der auf den Körperatomen, auf den Molekeln, auf allen wägbaren Körpern lastet, lassen sich meines Erachtens die Molekularkräfte ableiten, soweit sie nicht schon aus den Eigenelasti-

---

[1]) Wahrscheinlich ist diese Vorzeichenbestimmung die richtige.

[2]) Vgl. F. Ehrenhaft, Wien. Sitz. Ber. d. K. Akad. d. Wiss. *123* [2a] 53. 1914; Ann. d. Phys. *56*, 1, 1918.

[3]) Vgl. W. Kaufmann, Verh. D. Naturf. u. Ärzte, Hamb. 1901. II. 1, 45; Gött. Nachr. 1901, H. 2.

[4]) L. Zehnder, Verh. d. D. Phys. Ges. *18*, 142, 1916.

zitäten der betreffenden Atomsubstanzen, aus den Formen und Bewegungen der Körperatome hervorgehen, also die Kräfte der Affinität, Kohäsion, Adhäsion und Oberflächenspannung, worauf ich schon früher hingewiesen habe[1]).

Um auf dem eingeschlagenen deduktiven Wege weiter zu kommen, betrachte ich nunmehr ein vollkommen kugelförmiges Körperatom, umgeben von seiner Ätherhülle, das Ganze im oben beschriebenen freien Äther befindlich. Wenn ein wirkliches Körperatom eine Kugelform tatsächlich besitzt, so wird es das einfache Wasserstoffatom sein; ich will also dieses Ganze, nämlich das von seiner Ätherhülle umgebene einfache kugelförmige Körperatom kurzerhand als Wasserstoffatom, das Körperatom allein, ohne seine Ätherhülle, als Wasserstoffatomkern bezeichnen. Wer sich mit dem von mir hier beschriebenen Äther einstweilen nicht befreunden will, mag an eine Elektronensubstanz denken, aus einem oder mehreren Elektronen bestehend, welche Substanz den Wasserstoffatomkern hüllen- oder schalenartig umgibt, eine Annahme, die sich in der neueren Literatur schon mehrfach vorfindet[2]). Eine mit einer dicken Kautschukhülle überzogene Eisenkugel könnte uns einigermassen ein Bild für unser Wasserstoffatom geben. Doch werden wir sehen, dass ein solches Bild immer noch viel zu roh ist, um uns alle Vorgänge im Wasserstoffatom in ihren feinsten Einzelheiten erkennbar werden zu lassen.

Unser Wasserstoffatom erhalte nun von aussen einen zentralen Stoss, etwa durch ein vorbeifliegendes anderes Wasserstoffatom. Meiner Voraussetzung (S. 64) gemäss sollen alle beim Stoss in Betracht kommenden Atome, die Körperatome und die Ätheratome, aus vollkommen elastischen Substanzen bestehen. Nach dem Stoss werden also die beiden Wasserstoffatome etwa mit vertauschten Geschwindigkeiten wieder auseinander fahren; ich will aber die fortschreitende Eigengeschwindigkeit unseres betrachteten Wasserstoffatoms hier nicht berücksichtigen.

Getroffen wird beim Stoss in erster Linie die Ätherhülle, sie wird deformiert und überträgt die Stosswirkung schon an der Stossstelle um so stärker auf die Substanz des Wasserstoffatomkerns, je heftiger der Stoss gewesen ist. Im Atomkern wird sich die De-

---

[1]) L. Zehnder, Mech. d. Weltalls, Freiburg i. B., 1897, S. 32, 51, 60; allerdings bedürfen manche Ausführungen in diesem schon vor über 20 Jahren verfassten Buche der Berichtigung.

[2]) Vgl. E. Rutherford, Phil. Mag. *21* 686, 1911; F. A. Lindemann, Verh. d. D. Phys. Ges. *13*, 1113, 1911; W. Kossel, Verh. d. D. Phys. Ges., 18, 354, 1916; R. Malmström, Phys. ZS. *18*, 456, 1917: auch S. J. Barnett, Phys. Rev. (2) *10*, 7, 1917 (saturnartige Form des Elektrons); G. Helm, Phys. ZS. *18*, 456, 1917.

formation als Welle sowohl längs des zu der Stosstelle als Pol gehörenden Kugeldurchmessers, als auch längs aller zu diesem Durchmesser als Kugelachse gehörenden Meridiane und überhaupt durch die ganze homogene Kugelmasse hindurch nach dem diametral entgegengesetzten Punkte, dem Gegenpol fortpflanzen, sie wird dort reflektiert werden[1]), auf denselben Wegen zurückkehren, wieder reflektiert werden usf.; es entstehen also im Atomkern regelmässige elastische Schwingungen, stehende Wellen. Die Fortpflanzungen auf den genannten verschieden langen Wegen vom Pol zum Gegenpol sind fest miteinander gekoppelt. Weil alle Fortpflanzungszeiten zwischen derjenigen längs des Durchmessers und derjenigen längs der zugehörigen Meridiane möglich sind (wobei das Verhältnis dieser Grenzwerte $\pi/2$ ist), wird sich eine gewisse mittlere Fortpflanzungszeit geltend machen, die aber sicher der Fortpflanzungszeit längs der Meridiane näher liegt als der längs des Durchmessers, weil auf den ersteren Wegen viel grössere Atomkernmassen in schwingende Bewegung zu versetzen sind als auf den letzteren. Äusserlich wahrnehmen könnten wir natürlich nur die Oberflächenwellen auf dem Atomkern; ihnen kommt in jeder Meridianebene eine gerade Knotenzahl zu. Massgebend für diese Fortpflanzungszeiten, also auch für die Schwingungsdauern (Grundton, Obertöne) des Atomkerns, ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elastischer Deformationen in der Substanz des Atomkerns, die von der Grössenordnung der Schallgeschwindigkeit in festen Körpern, möglicherweise aber auch erheblich grösser sein wird[2]).

Ganz anders verhält sich das Fortschreiten der Deformation in der Ätherhülle. Bestände auch diese aus einer homogenen Substanz, etwa der Kautschukhülle unserer oben als Bild genannten Eisenkugel entsprechend, so hätten wir ringsum durch die Ätherhülle jeweils ein Fortschreiten der Deformation längs aller Meridiane und um so einheitlicher eine einzige Fortpflanzungszeit, je geringer die Schalendicke dieser Ätherhülle wäre. Die Fortpflanzungszeit wäre berechenbar aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit elastischer Deformationen in dieser homogenen Substanz. Nun besteht aber unsere Ätherhülle aus Ätheratomen, und wenn auch diese an sich vollkommen elastisch sind, so ist doch die Ätherhülle als Gesamtheit nicht vollkommen elastisch. Denn bei jeder Deformation derselben werden ihre Ätheratome mehr oder weniger aufgewühlt, es wird in

[1]) Das Begegnen entgegengesetzt kreisender Oberflächenwellen entspricht ja auch einer Reflexion.

[2]) Vgl. A. Eucken, Verh. d. D. Phys. Ges. *15*, 571, 1913.

der Ätherhülle eine heftigere hin- und herzuckende Bewegung ihrer Ätheratome (Elektrizität S. 64) erzeugt, ein Ätheratom oder mehrere derselben können sogar vorübergehend aus ihr herausgetrieben werden, sie können „verdampfen". Abgesehen von diesen Energieverlusten wird aber die Deformation doch mit einer gewissen Fortpflanzungsgeschwindigkeit längs der Ätherhüllenmeridiane fortschreiten, sie wird diametral gegenüber reflektiert, wird zurückkehren usf.; es werden also auch in der Ätherhülle entsprechende hin- und hergehende Schwingungen, stehende Wellen auftreten. Die Fortpflanzungszeit für dieses Fortschreiten längs der Ätherhüllenmeridiane setzt sich aber zusammen aus den Zeiten für die Fortpflanzung der elastischen Deformationen durch die Ätheratome selber hindurch (analog der oben behandelten Fortpflanzung elastischer Deformationen durch den Wasserstoffatomkern hindurch, aber natürlich mit einer entsprechend anderen Fortpflanzungsgeschwindigkeit, weil ja die Körperatome und die Ätheratome aus verschiedenen Substanzen bestehen) und aus den Übertragungszeiten von jedem Ätheratom auf seine Nachbarätheratome, sofern alle diese Ätheratome, durch den äussern Ätherdruck zusammengepresst, einander jederzeit dauernd berühren; wäre letzteres nicht der Fall, wie unter Umständen im umgebenden freien Äther, so kämen noch die Zeiten des Freifliegens der Ätheratome zwischen je zweien ihrer Zusammenstösse hinzu, welches Freifliegen in der Grössenordnung der Lichtgeschwindigkeit erfolgen wird. Wahrscheinlich nur aus den ersten beiden genannten Zeitdauern setzt sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elastischer Deformationen in der Wasserstoffatomätherhülle zusammen.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elastischer Deformationen in der Substanz der Ätheratome selber kennen wir einstweilen nicht, weil wir von dieser Substanz überhaupt nichts wissen. Vielleicht ist diese letztere Fortpflanzungsgeschwindigkeit grösser als diejenige in der Substanz des Atomkerns, vielleicht ist sie kleiner; gewiss ist sie aber grösser als die Gesamtfortpflanzungsgeschwindigkeit der elastischen Deformation durch eine flüssige Ätherhülle hindurch, weil letztere Geschwindigkeit durch die Zeitdauern für die Übertragungen der Deformationen von Ätheratom auf Ätheratom in der Ätherhülle verkleinert werden muss. Ich will nun annehmen, die genannte Gesamtfortpflanzungsgeschwindigkeit längs der Ätherhülle sei, ihrem elastischen Ursprung entsprechend, nicht nur ihrer Grössenordnung nach gleich, sondern auch ihrem absoluten Betrage nach wenig verschieden von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elastischen Oberflächenwellen über den Wasserstoffatomkern. Es spricht hierfür auch

der Umstand, dass ja die Ätherhülle mit einem sehr grossen äusseren Ätherdruck auf den Wasserstoffatomkern gepresst wird. Trotz obiger Annahme ist der ungeheure Betrag der Lichtgeschwindigkeit im freien Äther vorstellbar, weil einerseits die wahren mittleren Ätheratomgeschwindigkeiten erheblich grösser als die Lichtgeschwindigkeit sein können, anderseits die Zeitdauern der Übertragungen der Stösse von Ätheratom auf Ätheratom um so kürzer sein werden, je heftiger die Zusammenstösse dieser Ätheratome sind; denn bei Zusammenstössen mit Lichtgeschwindigkeiten wird die elastische Kraft nicht mehr der ersten Potenz der Deformation (Hookesches Gesetz), sondern einer höhern Potenz proportional sein[1]): wenn die Ätheratome ungefähr mit Lichtgeschwindigkeiten fortschreiten, wird auch die Übertragungszeit der Stosswirkung von Ätheratom auf Ätheratom wenigstens ihrer Grössenordnung nach der Fortpflanzungsdauer des Lichts über den Weg eines Ätheratomdurchmessers entsprechen.

Die vorangehenden Überlegungen zusammenfassend erkennen wir, dass sich infolge Zusammenstosses unseres Wasserstoffatoms mit einem anderen Wasserstoffatom in seinem Atomkern eine Oberflächenschwingungsbewegung, längs der Meridiane hin und zurück, also eine stehende Wellenbeweguug ausbilden muss. Nur diese Oberflächenschwingungen können für den Aussenraum in Betracht kommen: wie sich im Atomkerninneren die Deformationen miteinander und mit denen der Atomkernoberfläche ausgleichen, ist wohl hier von nebensächlicher Bedeutung. Ausserdem muss sich in der Ätherhülle unseres Wasserstoffatoms eine analoge Schwingungsbewegung, längs der Meridiane hin und zurück, ausbilden, eine andere stehende Wellenbewegung, von etwas anderer Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elastischen Deformationen, also auch von etwas anderen Schwingungsdauern. Aber durch den von aussen auf der Ätherhülle lastenden gewaltigen Ätherdruck werden diese beiden Schwingungsarten miteinander gekoppelt, vermutlich so fest, dass beiderlei Schwingungsdauern nicht zu stark voneinander abweichen werden. Je nach der Art der Zusammenstösse der Wasserstoffatome werden hierbei Grund- und Oberschwingungen auftreten können.

Offenbar werden nun von solchen Schwingungen im Atomkern und in seiner Ätherhülle die Grundschwingungen eine so starke Dämpfung erfahren, dass sie kaum sich ausbilden oder doch nur sehr kurze Zeit andauern können, wenigstens in einem freien, von keinen Nachbarkörperatomen beeinflussten Körperatom. Denn nach dem Prinzip von

---

[1]) Vgl. z. B. E. Grüneisen, Verh. d. D. Phys. Ges. *13*, 502, 1911 (12. Potenz).

der Erhaltung der gleichmässigen Schwerpunktbewegung müssten die Oberflächenwellen im Atomkern und die Wellen in der Ätherhülle auf jedem Meridian in der Regel entgegengesetzte Richtungen haben, also durch Reibungskräfte längs der Oberfläche des Atomkerns rasch vernichtet werden. Ausserdem ist die Masse der Ätherhülle verglichen mit der des Atomkerns jedenfalls sehr klein, wie wir aus dem Vergleich der Masse eines Elektrons mit der eines Wasserstoffatoms (1 : 1850) schliessen dürfen. Daher müssten die Ätherhüllenschwingungen auch noch erheblich grössere Amplituden aufweisen als die Atomkernschwingungen, so dass die ebengenannte dämpfende Wirkung der Reibung noch beträchtlicher werden müsste. Bei regelmässigen Oberschwingungen wird dagegen der Schwerpunkt weder durch die Atomkernschwingungen für sich, noch durch die Ätherhüllenschwingungen für sich geändert; daher können diese Schwingungen auch an jeder Oberflächenstelle des Atomkerns gleichzeitig nach den gleichen Richtungen erfolgen. Wir fassen einstweilen nur die erste Oberschwingung ins Auge, bei der alle Bewegungsvorgänge symmetrisch zu der den Atomkernmeridianen entsprechenden Äquatorialebene verlaufen. Auch wegen der sehr geringen Masse der Ätherhülle verglichen mit der des Atomkerns gibt uns unsere S. 70 erwähnte Eisenkugel mit ihrer Kautschukhülle nur ein rohes Bild für das Wasserstoffatom: die Kautschukhülle müsste ihrer Masse nach sehr viel leichter sein als sie es wirklich ist.

Denken wir uns die betrachteten meridionalen Oberflächenschwingungen im Wasserstoffatom senkrecht auf den axialen Atomdurchmesser projiziert, so erkennen wir, dass uns auch je ein linearer, unter dem Einfluss elastischer Kräfte in Sinusschwingungen hin- und herschwingender Oszillator ein gutes Bild für jeden von den beiden soeben behandelten Schwingungsvorgängen gibt[1]). Aber diese beiden linearen Oszillatoren müssten dann gleichfalls fest miteinander gekoppelt sein.

Wären uns die Elastizitäts- und Dichteverhältnisse im Atomkern und in seiner Ätherhülle für die betrachteten Wellenbewegungen bekannt, so könnten wir nun die zugehörigen Schwingungszahlen annähernd berechnen. Wir wissen aber nicht einmal, ob für den Wasserstoffatomkern, nur der Grössenordnung nach, etwa die Schallgeschwindigkeit in festen Körpern einzusetzen wäre; denn die Zeitdauer des Fortschreitens einer elastischen Deformation in jedem wägbaren Körper setzt sich ja im allgemeinen aus drei verschiedenen Zeitdauern zusammen, wie ich S. 72 gezeigt habe. Noch weniger wissen wir

[1]) Vgl. W. Wien, Phys. ZS. *1*, 612, 1900; F. Hasenöhrl, Phys. ZS. *12*, 933, 1911.

von den Elastizitäts- und Dichteverhältnissen in der Ätherhülle. Weil aber alle diese Schwingungsvorgänge im Äther als elektrische Vorgänge aufgefasst werden können, weil zum mindesten bei ihnen elektrische Wirkungen stets mitspielen müssen (wie ja auch bei der Ableitung der Schallgeschwindigkeit in Gasen aus Elastizität und Dichte nach Laplace die adiabatisch erfolgenden Wärmewirkungen in Betracht zu ziehen sind), lassen sich die Schwingungszahlen in der Ätherhülle unseres Wasserstoffatoms mit Hilfe der Elektrizitätstheorien anscheinend ungefähr so berechnen wie dies N. Bohr l. c. getan hat. Wir können uns demnach vorstellen, dass statt der Welle im Körperatomkern ein Körperatomteilchen oder dass in seiner Ätherhülle ein Ätheratom oder deren viele oder ein Elektron oder ein Teil eines solchen um den Atomkern kreise. Die Erfahrung hat gezeigt, dass unter den Bohrschen Annahmen der Grössenordnung nach die richtigen optischen Schwingungszahlen des Wasserstoffatoms herauskommen.

Würde man aus der Schallgeschwindigkeit in Eisen oder Glas, die etwa 5.10^5 cm beträgt, und aus der Schwingungszahl der Serienkopflinie des Wasserstoffs, nämlich etwa $0{,}46.10^{15}$, auf den Wasserstoffatomkernumfang schliessen wollen, dessen Hälfte beim 1. Oberton während einer Schwingungsdauer durchlaufen wird, so ergäbe sich $r\pi.0{,}46.10^{15} = 5.10^5$, also $2r = 10.10^{-10}/0{,}46\,\pi =$ ca. 7.10^{-10} cm. Nach O. E. Meyer (F. Exner) ist der mittlere Durchmesser der aus zwei aneinander gereihten Wasserstoffatomen bestehenden Wasserstoffmolekel 1.10^{-8} cm [1]). Wäre der Durchmesser des Wasserstoffatoms die Hälfte: 5.10^{-9}, so wäre dessen Kerndurchmesser mit 7.10^{-10} cm immer noch etwa 7 mal kleiner. Möglicherweise ist aber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elastischer Deformationen in der Körperatomoberfläche selber ein Mehrfaches derjenigen der Schallgeschwindigkeit — namentlich auch wegen ihrer Vergrösserung durch den gewaltigen auf ihr lastenden Ätherdruck —, ferner mag der wahre Wasserstoffmolekeldurchmesser noch kleiner sein, sodass dann der Atomkerndurchmesser vielleicht nur die Hälfte oder ein Viertel des Atomdurchmessers betrüge. Jedenfalls ersehen wir aus dieser Berechnung, dass wir unter Benützung der bekannten Schallgeschwindigkeiten für die Atomkernsubstanz ganz nahe an den Bereich der Schwingungszahlen des Lichts gelangen, während wir z. B. mit der Lichtgeschwindigkeit statt der Schallgeschwindigkeit mindestens etwa 10,000 mal zu grosse Werte der Schwingungszahlen erhielten. Es darf hier bemerkt werden, dass P. Debye [2]) bei der Behandlung der Schwingungszahlen der Mole-

[1]) Landolt u. Börnstein, Physikal. chem. Tab. 2. Aufl., Berlin 1894, S. 313.
[2]) P. Debye, Ann. d. Phys., *39*, 838, 1912.

keln fester Körper in tiefsten Temperaturen zu dem Schluss kommt: „Das Spektrum besteht aus einer endlichen Anzahl von Linien. Die Linien kleinster Schwingungszahl sind die gewöhnlichen akustischen Schwingungen“ [1]).

Ich habe oben von einem zentralen Stoss gesprochen, dem unser Wasserstoffatom ausgesetzt werde. Im allgemeinen werden aber die Zusammmenstösse exzentrisch sein. Dann werden wir jede Stosswirkung in zwei Komponenten zerlegen, eine radiale, deren Behandlung dieselbe sein muss, wie sie oben gegeben wurde, und eine tangentiale, welche die in gleichem Sinne umlaufenden, von den zentralen Stössen herrührenden Kreiswellen (S. 71) verstärkt, wenn sie in gleicher Phase sind. Freilich werden die aus den Zentralstössen abgeleiteten und die diesen Tangentialkomponenten unmittelbar zukommenden kreisförmig umlaufenden Wellen im allgemeinen verschiedene Schwingungszahlen ergeben. Denn den Tangentialwellen können, je nach der zeitlichen Aufeinanderfolge verschiedener Zusammenstösse der betreffenden Körperatome, alle Schwingungszahlen von der Grundschwingung aufwärts entsprechen, also ein einziges zusammenhängendes kontinuierliches Spektrum von der Grundschwingungszahl bis hinauf zu den höchsten Schwingungszahlen, wie sie den Röntgenwellen höchster Frequenz zukommen [2]).

Nun sind aber, wie ich schon vorher hervorgehoben habe, die Schwingungen in der Oberfläche des Atomkerns und diejenigen in der Ätherhülle miteinander gekoppelt. Daher werden weder die einen noch die anderen dieser beiden Eigenschwingungen rein zu Tage treten. Vielmehr werden wir ihre Koppelungswellen beobachten und diese Einzelwellen geben zu Schwebungen Veranlassung. Für die einfachen Wellenbewegungen gelten unter der Voraussetzung stetiger Vorgänge Differentialgleichungen von der Form $a\ddot{x} + b\dot{x} + cx = 0$, wo nach elektrischer Deutung [3]) x die verschobene Elektrizitätsmenge, a die Selbstinduktion, b den Ohmschen Widerstand, $1/c$ die Kapazität des betreffenden Schwingungskreises, und die Buchstaben x mit Punkten erste bezw. zweite Differentialquotienten nach der Zeit bezeichnen, oder wo nach mechanischer Deutung [4]) x die Verschiebung des Massenteilchens, a seine Masse, b die Dämpfung, c die Direktionskraft darstellen. Wären also die Selbstinduktion, der Ohmsche Widerstand und die Kapazität dieser Schwingungskreise bekannt, so würde man

---

[1]) Vgl. auch W. Sutherland, l. c.; E. Gehrcke, Phys. ZS. *15*, 123, 1914.
[2]) Vgl. J. Stark, Ann. d. Phys. *54*, 81. 112, 1917.
[3]) F. Kohlrausch, Lehrb. d. prakt. Phys., 11. Aufl., Leipzig 1910, S. 572.
[4]) — Dasselbe, S. 506.

aus den genannten Gleichungen entsprechende Beziehungen zwischen den in Betracht kommenden Massen, Dämpfungen und Direktionskräften ableiten können, oder umgekehrt.

Durch drei weitere analoge Glieder wird der Nachbarschwingungskreis und somit die Koppelung zwischen den Schwingungskreisen 1 und 2 berücksichtigt, sodass wir die beiden Gleichungen erhalten:

$$a_{11}\,\ddot{x}_1 + b_{11}\,\dot{x}_1 + c_{11}\,x_1 + a_{12}\,\ddot{x}_2 + b_{12}\,\dot{x}_2 + c_{12}\,x_2 = 0;$$
$$a_{22}\,\ddot{x}_2 + b_{22}\,\dot{x}_2 + c_{22}\,x_2 + a_{21}\,\ddot{x}_1 + b_{21}\,\dot{x}_1 + c_{21}\,x_1 = 0,$$

wobei sich alle Indices 1 auf den Schwingungskreis 1, die Indices 2 auf den Kreis 2 beziehen, a_{12}, a_{21} usf. also Koppelungskoëffizienten darstellen.[1])

In etwas anderer Weise hat E. Riecke[2]) die Koppelung zweier Schwingungskreise berücksichtigt, die dieselbe Achse haben, aber in parallelen Ebenen liegen, und in denen Kreiswellen derart verlaufen, dass stehende Kreisschwingungen mit je 2 m Knotenpunkten zustande kommen, welche Knotenpunkte in beiden Schwingungskreisen in denselben Meridianebenen (Azimuten) liegen. Seien u_1 u_2 die Verschiebungen je eines entsprechenden Punktes in je einem Kreisring 1 und 2, ferner φ ihr gemeinschaftliches Azimut, t die Zeit, A, B, C Konstanten. so lauten seine Differentialgleichungen:

$$\frac{\delta^5 u_1}{\delta \varphi^4\,\delta t} = 2\pi A \frac{\delta^4 u_2}{\delta \varphi^4} + 2\pi B \frac{\delta^2 u_2}{\delta \varphi^2} - 2\pi C u_2;$$

$$\frac{\delta^5 u_2}{\delta \varphi^4\,\delta t} = -2\pi A \frac{\delta^4 u_1}{\delta \varphi^4} - 2\pi B \frac{\delta^2 u_1}{\delta \varphi^2} + 2\pi C u_1.$$

Ihnen genügen Schwingungszahlen ν von der Form

$$\nu = A - \frac{B}{m^2} - \frac{C}{m^4},$$

wenn die allgemeinen Lösungen u_1 und u_2 nach folgenden Gleichungen periodisch vom Azimut und von der Zeit abhängen:

$$u_1 = \sum_m a_m \sin m\varphi \sin 2\pi\nu t;\quad u_2 = \sum_m a_m \sin m\varphi \cos 2\pi\nu t.$$

Riecke äussert sich dabei folgendermassen: Man mag bei Verschiebungen des betreffenden Teilchens an Jonen oder Elektronen denken. Die den einzelnen Partialschwingungen entsprechenden Knotenpunkte der beiden Ringe liegen paarweise in einer und derselben Meridianebene. Die Schwingungen gleicher Ordnung besitzen für die

[1]) A. Kalähne, Ann. d. Phys. *42*, 1011, 1913.
[2]) E. Riecke, Phys. ZS. *1*, 10, 1899; Ann. d. Phys. *1*, 399. 1900.

beiden Ringe eine Phasendifferenz von einer Viertelperiode. Die Zahl der bei einer beliebigen Partialschwingung auf einem Ring vorhandenen Knotenpunkte ist gleich 2 m.

Die Formel für die Schwingungszahlen ν steht in voller Übereinstimmung mit der Formel von Kayser und Runge für die Serienspektren, die ja einfach eine Verallgemeinerung der Balmerschen Formel ($C = 0$, also $\nu = A - \frac{B}{m^2}$) ist und sehr annähernd für viele Elemente Gültigkeit hat. Im Fall des kugelförmigen Wasserstoffatoms mit seiner Ätherhülle haben wir ähnliche Verhältnisse, unsere beiden gekoppelten Schwingungskreise liegen jedoch nicht in verschiedenen parallelen Ebenen, mit gleicher Achse, sondern konzentrisch in derselben Ebene, sie sind aber ungleich gross. In jeder Meridianebene (S. 71) des Wasserstoffatoms können wir nämlich sowohl die Oberflächenschwingungen des Atomkerns als auch die Schwingungen in der Ätherhülle als stehende Wellen von Kreiswellenbewegungen um den Atommittelpunkt auffassen; daher muss eine gerade Anzahl von Knotenpunkten, es müssen in jeder Meridianebene je $2\,m$ Knotenpunkte entstehen, ganz so, wie die Gleichungen schon von E. Riecke mathematisch behandelt worden sind. Auf dem ganzen Wasserstoffatom entstehen in entsprechender Weise je m parallelkreisartige Knotenlinien. Der Fall $m = 1$ scheidet aber, wenigstens für das freie Atom des gasförmigen Wasserstoffs, aus, weil er, wie ich S. 73 erwähnte, wegen des entgegengesetzten Hin- und Herschwingens in beiden Schwingungskreisen mit einer zu starken Dämpfung der Schwingungen verbunden wäre. Aber auch der Fall $m = 2$ scheidet in diesen Rieckeschen Gleichungen wenigstens für die Balmersche Formel ($C = 0$) aus, weil dann die Konstanten A und B solche Werte annehmen, dass $\nu = 0$ wird. Zeichnet man aber für $m = 3, 4, 5 \ldots$ die stehenden Schwingungen in irgendeiner Meridianebene auf, so scheinen diese Schwingungen dem Prinzip von der Erhaltung der Bewegung des Schwerpunkts schon für jeden der beiden Schwingungskreise gesondert zu genügen, so dass also die Schwingungsbewegungen in der Ätherhülle den Oberflächenschwingungen des Atomkerns nicht entgegengesetzt verlaufen müssen. Weil für den einfachern Fall der Balmerschen Formel, also des Wasserstoffatoms, die Konstante $C = 0$ wird, vereinfachen sich die Rieckeschen Koppelungsgleichungen in:

$$\frac{\delta^3 u_1}{\delta \varphi^2 \delta t} = 2\pi A \frac{\delta^2 u_2}{\delta \varphi^2} + 2\pi B u_2; \quad \frac{\delta^3 u_2}{\delta \varphi^2 \delta t} = -2\pi A \frac{\delta^2 u_1}{\delta \varphi^2} - 2\pi B u_1$$

mit denselben Lösungen für u_1 und u_2.

Durch die Form der Balmerschen und der Kayser und Rungeschen Formeln könnte man auf den Gedanken kommen, dass man es bei den Serienspektren mit Differenzschwingungen zu tun habe. Schon V. A. Julius[1]) hat gezeigt, dass nach der Helmholtzschen Theorie Kombinationslinien (Summen- und Differenzlinien) in den Linienspektren der Elemente auftreten müssen, dass sich in dieser Weise namentlich die konstanten Schwingungsdifferenzen sehr einfach erklären lassen[2]). Zwar hat J. S. Ames[3]) den Einwand geltend gemacht, gerade die stärksten bekannten Spektrallinien gäben keine Veranlassung zu solchen Kombinationslinien. Doch halte ich diesen Einwand nicht für berechtigt, weil doch wohl nur zwei Schwingungen, die völlig gleichzeitig verlaufen und wenigstens teilweise gleich orientierte Komponenten haben (die z. B. nicht dauernd senkrecht aufeinander stehen), also jedenfalls nur „kohärente" Schwingungen miteinander Schwebungen geben können.

Schwebungen bei erzwungenen Schwingungen hat E. Riecke[4]) in einer Weise hergestellt, wie sie mir ein anderes anschauliches Bild für die in unserem Wasserstoffatom mit seiner Ätherhülle zustande kommenden Schwingungen zu geben scheinen. Er hängte eine 2 kg schwere Eisenkugel an einem sehr dünnen Draht auf, liess sie als Pendel schwingen, und hängte sodann unten an die Pendelkugel ein äusserst leichtes Fadenpendelchen von wenig verschiedener Schwingungsdauer. Versetzte er nun das schwere Kugelpendel in ganz schwache Schwingungen, mit Amplituden von wenigen Millimetern, so wurden auf das leichte Fadenpendelchen entsprechende Schwingungen übertragen, es kamen Schwebungen zustande, die das Fadenpendelchen vorübergehend zu Amplituden von mehr als einem rechten Winkel brachten. Aehnlich liegen wohl die Verhältnisse bei unserem Wasserstoffatom: wird der Atomkern durch einen Stoss zu seinen Eigenschwingungen angeregt, beispielsweise zu seinen ersten Oberschwingungen, so können diese Eigenschwingungen im Aussenraum, der an die äussere Aetherhüllenoberfläche, aber nicht unmittelbar an die Atomkernoberfläche grenzt, offenbar nicht zur Erscheinung kommen, oder doch jedenfalls nur sehr wenig; die Eigenschwingungen des Atomkerns regen aber die Eigenschwingungen der Aetherhülle an, die Amplituden der letzteren nehmen nach Massgabe der ent-

---

[1]) V. A. Julius, Natuur. Verh. Akad. Amsterd. *26*, 125, 1888; Ann. de l'éc. polyt. de Delft, *5*, 1889.

[2]) Vgl. A. Schuster, Nat. *55*, 180, 200, 223, 1897.

[3]) J. S. Ames, Phil. Mag. (5) *30*, 39, 1890.

[4]) E. Riecke, Phys. ZS. *3*, 130, 1901.

stehenden Schwebungen mehr und mehr zu, bis zu einem Maximum, dann nehmen sie ab bis zu einem Minimum, wieder zu bis zu einem Maximum usf. Im Aussenraum, im freien Aether, werden wir also im wesentlichen nur die Eigenschwingungen der Aetherhülle beobachten, sowie die Schwebungen, nämlich Differenzschwingungen von um so kleinerer Schwingungszahl, je kleiner die Differenz zwischen den Eigenschwingungszahlen des Atomkerns und seiner Aetherhülle ist.

Wenn ich hier von solchen Eigenschwingungen spreche, so sind darunter natürlich stets die Koppelungsschwingungen in diesen beiden Schwingungskreisen zu verstehen. Durch Koppelung wirken sie ja aufeinander ein, verändern gegenseitig ihre ursprünglichen Eigenperioden, die sie ohne die Koppelung besässen. Wenn aber auch — infolge des gewaltigen äusseren Aetherdrucks, der die Aetherhülle gegen den Atomkern presst — diese Koppelung eine recht feste sein mag, so werden doch offenbar die Koppelungsschwingungen der Aetherhülle stärker durch den so viel schwereren Atomkern beeinflusst und also geändert werden müssen, als umgekehrt. Daher wird, wie mir scheint, die Koppelungsschwingung des Atomkerns einen fast genau konstanten Wert behalten, wie auch die Koppelungsschwingung der Aetherhülle geändert werden möge. Die Atomkernschwingungen ergäben uns die Schlusslinie des Serienspektrums des Wasserstoffs, für $m = \infty$ in der Balmerschen Formel, sofern sie durch die Aetherhülle hindurch auch noch zur Beobachtung gelangen könnte: die Aetherhüllenschwingungen geben uns dagegen eine der beobachtbaren Serienlinien des Wasserstoffs, und die Differenzschwingungen der beiden genannten Schwingungen, ihre Schwebungen müssen wir auf der langwelligen Seite beider Spektrallinien suchen, im ultrarot oder zum Teil noch weiter jenseits des gegenwärtig wahrnehmbaren ultraroten Spektrums. Die tatsächlich beobachteten Serienlinien des Wasserstoffs zeigen uns, dass die Koppelungsschwingungen der Aetherhülle langsamer erfolgen, als die des Atomkerns, denn die ersteren sind nach der langwelligen Seite der letzteren (der Schlusslinie) hin gelegen. Daher wird das leichte Fadenpendelchen in unserem Rieckeschen Doppelpendel eine grössere Schwingungsdauer besitzen müssen, als das schwere Eisenkugelpendel, wenn uns dieses Doppelpendel ein gutes Bild für das Wasserstoffatom geben soll. Dementsprechend wird man die Rieckeschen Gleichungen modifizieren müssen ($\varphi_1 \gtrless \varphi_2$?).

Nun denke ich mir die Aetherhülle des Wasserstoffatoms in ihrem Bestand an Aethermasse vermindert, etwa infolge einer heftigen thermischen oder elektrischen Bewegung unter den Wasserstoffatomen

unseres Beobachtungsraumes, oder durch eine chemische Wirkung usf. Dadurch wird offenbar die Koppelungsschwingungsdauer der Ätherhülle derjenigen des Atomkerns näher gebracht; denn bei unendlich dünner Aetherhülle müssten ja diese beiden Koppelungsschwingungen ganz miteinander übereinstimmen und den Eigenschwingungen des Atomkerns gleich werden. In unserem Rieckeschen Doppelpendel, das uns mit seinem Fadenpendelchen wiederum ein Bild für diese Schwingungzustände des Wasserstoffatoms geben soll, ahme ich die entsprechende Veränderung z. B. dadurch nach, dass ich die Masse des Fadenpendelchens verkleinere, zugleich aber die anfänglich etwas zu gross gewählte Fadenlänge etwas verkürze, so dass beide Koppelungsschwingungszahlen einander näher zu stehen kommen. Die Serienlinie, die nun der Fadenpendelschwingungsdauer bzw. der Ätherhüllen-Koppelungsschwingung entspricht, gehört dann zu einem grösseren Wert des Parameters m der Balmerschen Formel, sie liegt dem Serienende $m = \infty$ näher als die vorher betrachtete Serienlinie, und die Schwebungslinie, die Differenzlinie liegt noch weiter nach kleineren Schwingungszahlen hin verschoben.

Versuche mit einem Rieckeschen Doppelpendel haben folgendes ergeben: mit einer Eisenkugel von 0,93 kg, die an einem 16,2 cm langen dünnen Draht hing, und einem darangehängten Fadenpendelchen aus 20 senkrecht untereinander linear angeordneten 0,15 g schweren Holzkügelchen, deren oberstes an einem 18,9 cm langen Faden hing, bekam ich in einer Minute 68 Eigenschwingungen des Eisenkugelpendels allein, 57,5 Eigenschwingungen des Holzkügelchen-Fadenpendels allein, und etwa 11 ½ Schwebungen beim Zusammenschwingen beider Pendel, also beim Doppelpendel. Wenn ich nun jeweils von der Holzkügelchenreihe das unterste entfernte, ohne Änderung aller übrigen Abmessungen des ganzen Doppelpendels, so wurde natürlich die Eigenschwingungsdauer der Eisenkugel nicht wesentlich geändert, aber für das Fadenpendelchen bekam ich

bei der Holzkügelchenzahl	20	19	18	17	16	15	14
die Eigenschwingungsdauern	57,5	58	58,5	59	59,5	60	60,5
die Schwebungen	11,5	10,5	9,7	9	8,5	8,5	8

13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
61	61,5	62	62,5	63	64	64	64,5	65	66	67	67	68
7,5	7	6,5	5,5	5,5	5,5	5	4,5	4	2,5	?	?	?

Bei den leichteren Fadenpendelchen meines Doppelpendels mit 4, 3, 2, 1 Kügelchen traten statt der Pendelschwingungen in einer

Ebene sehr rasch elliptische und dann kreisförmige Schwingungen ein, bei denen sich die Schwingungsdauern und namentlich die Schwebungen mit den ganz unvollkommenen Messungsmitteln, wie ich sie in meiner Privatwohnung zur Verfügung habe, nur ungenau bestimmen liessen, weshalb die letzten Zahlen der untersten Zeile als besonders unsicher bezeichnet werden müssen. Bei den Fadenpendelchen mit sehr wenig Holzkügelchen konnte ich schon wegen der raschen Abnahme der Amplituden, wegen der Luftdämpfung, Schwebungen überhaupt nicht mehr abzählen. Dass aber die Ergebnisse doch den Vermutungen entsprechen, wird aus dieser Versuchsreihe immerhin hervorgehen.

Wir erkennen hieraus jedenfalls soviel, dass wir von einer ersten, der langsamsten Koppelungsschwingung der Ätherhülle entsprechenden Serienlinie an, als Kopf der betreffenden Serie, eine ganze Reihe von weiteren Serienlinien erhalten, mit dem im Endlichen liegenden Serienende bei der bezüglichen Schwingungszahl des Atomkerns, welches Ende aber nur ausnahmsweise zur Beobachtung gelangen könnte, wenn nämlich die Ätherhülle völlig auf Null zusammengeschrumpft wäre. Daher lässt sich eine Spektralserie mit einem im Endlichen liegenden Serienende einwandfrei aus rein elastischen Schwingungen erklären, wenigstens qualitativ, wenn man nur dem Wasserstoffatomkern und seiner Ätherhülle entsprechende elastische Konstanten beilegt. Durch die Rieckeschen Gleichungen für die Koppelungschwingungen (S. 77, vgl. S. 80) scheinen aber auch die quantitativen Beziehungen, nämlich die Kayser und Rungesche bzw. die Balmersche Formel richtig wiedergegeben zu werden.

In ähnlicher Weise möchte ich den recht willkürlich erscheinenden zweiten Quantenansatz von N. Bohr (l. c. S. 8) durch Differenzlinien deuten. Nachdem von ihm die verschiedenen Energiebeträge W_τ unter Benutzung des Planckschen Wirkungsquantums berechnet worden sind, setzt er nun $W\tau_2 - W\tau_1 = h\nu$, wogegen im Sinne seines Vorgehens kaum etwas einzuwenden wäre, solange es sich um unmittelbar benachbarte Stabilitätskreise handelt. Nun macht er aber $\tau_2 = 2$, während er τ_1 alle möglichen Zahlen von 3 bis ∞ beilegt, wodurch er die richtige Balmersche Serie erhält. Hiernach muss aber nicht nur die Differenz der beiden unmittelbar benachbarten Energiewerte $W_2 - W_3$, sondern es müssen überhaupt alle derartigen Differenzen von Energiewerten $W_2 - W_4$, $W_2 - W_5$, ... $W_2 - W_\infty$ jeweils gleich $h\nu$ sein, wofür ich wenigstens ohne weiteres keinen vorstellbaren Grund erkennen kann. Wenn wir aber sonst der Bohrschen Ableitung der Energiewerte W mit Hilfe des Planckschen Wirkungs-

quantums h zustimmen, so könnten wir nun, statt allgemein $W_\tau = \tau h\nu$ (l. c. S. 5, Formel 2) zu setzen, die ganzen Zahlen $\tau = 2, 3, 4, \ldots$ mit ν vereinigt denken, also die betreffenden 1. 2. 3. . . . Oberschwingungen $\nu_2, \nu_3, \nu_4 \ldots$ nennen und daher (mit leicht ersichtlicher Vereinfachung der Indices) $W_m = h\nu_m$ setzen, für $m = 2, 3, 4, \ldots$ Dann erhielten wir die Bohrsche Formel 4 (l. c. S. 5) für die Balmersche Serienlinie: $\frac{W_2 - W_m}{h} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2}\right) = \nu_s = \nu_2 - \nu_m$; hierfür könnten wir auch schreiben: $\nu_m = \nu_2 - \nu_s$.

Nach dieser Ableitung wären: ν_2 die Schwingungszahl der nie beobachteten Seriengrenzlinie[1]) (nämlich die Schwingungszahl unseres Atomkerns), ν_s die Schwingungzahl der beobachteten Serienlinie, ν_m die Schwingungszahl der dem Parameter m der Balmerschen Formel entsprechenden Differenzlinie im Ultrarot, die ich als Schwebungslinie auffasse.

Inwiefern wird nun aber die Masse der Ätherhülle, z. B. bei intensiver thermischer Bewegung, bei elektrischer, chemischer, auch photoelektrischer Beeinflussung des Wasserstoffatoms geändert (S. 80)? Offenbar wird dabei die Ätherhülle des Wasserstoffatoms aufs heftigste erschüttert, sie verliert dadurch eine gewisse Anzahl ihrer Ätheratome und schwingt in einer gewissen Serienlinie ν_s, strahlt dabei ein gewisses Energiequantum W_s aus; ist ihre Energie genügend gesunken, so kann sich nun eines der zuvor abgeschleuderten Ätheratome der Wasserstoffatom-Ätherhülle wieder anlagern, dieses überträgt dabei ein elementares Energiequantum auf die Ätherhülle, welche ihrerseits wieder in Schwingungen der nächsttieferen Serienlinie ν_{s-1} versetzt wird, die entsprechende Energie W_{s-1} wird ausgestrahlt. Wiederum kann sich dann ein Ätheratom anlagern, es gibt zur Serienlinie ν_{s-2} Veranlassung usf. Die ganze Serie ν_s bis ν_3 wird also von demselben, nur einmal entsprechend angestossenen Wasserstoffatom ausgestrahlt. Bei einem zweiten Anstoss werden mehr oder weniger Ätheratome abgeschleudert als zuvor und demzufolge wird eine andere Reihe ν_p bis ν_3 von Serienlinien (der gleichen Serie ν_∞ bis ν_3) ausgestrahlt, wobei $p \gtrless s$ sein wird. Bei jedem einzelnen Anstoss beginnt also die Serie bei einer anderen Serienlinie, von dieser Nummer an werden aber alle tiefer liegenden Linien der Reihe nach zur Erscheinung kommen; unter allen Umständen wird also bei jedem wirksamen Stoss neben allen anderen Serienlinien zum mindesten auch die Serienlinie ausgestrahlt, die der grössten Wellenlänge dieser Serie

[1]) Vgl. R. W. Wood, Phys. ZS. *10*, 88, 913, 1909.

entspricht (analog wie von oben nach unten gespielte Klavierläufe, die bei verschiedenen Tönen beginnen, aber immer bei demselben tiefsten Tone endigen). Hiermit wird auch die verschiedene Helligkeit der einzelnen Serienlinien zusammenhängen.

Die Serienlinie grösster Wellenlänge, die das Wasserstoffatom in seinem Normalzustand ausstrahlen kann, strahlt demnach am häufigsten, sie könnte also am hellsten erscheinen[1]). Indessen wird dieser Normalzustand durch den thermischen oder elektrischen Erregungszustand des Wasserstoffatoms beeinflusst: je heftiger seine Ätherhüllen-Agitation ist, um so mehr Ätheratome werden dauernd aus der Ätherhülle entfernt sein, einer um so höheren Serienlinie entspricht dann der Normalzustand des Wasserstoffatoms, so dass diese Serienlinie dann die am häufigsten ausgestrahlte, die vermutlich hellste sein wird, je nach der Intensität der Agitation. Neben diesen Serienlinien erscheinen dann immer noch die Schwebungslinien, die Differenzlinien jener Serienlinien mit der Seriengrenzlinie, der Eigenschwingung des Atomkerns[2]).

Für den soeben beschriebenen Vorgang der Strahlung nach jeder Anlagerung von Ätheratomen muss also das Wasserstoffatom jeweils einen gewissen Energiebetrag aufwenden, den es durch die genannte Anlagerung von Ätheratomen erhalten hat. Wie gross mag etwa dieser Energiebetrag sein? Von N. Bohr (l. c. S. 479) wird das elementare Energiequantum für den einfachsten Fall des strahlenden Wasserstoffatoms zu $W = 2.10^{-11}$ angegeben, und ähnliche, zum Teil viel kleinere Energiequanten sind von anderen Beobachtern für ähnliche elementare Quantenübertragungen aus ihren Versuchen berechnet worden[3]). Nehmen wir an, um nur ganz ungefähr die mögliche Grössenordnung der Masse der Ätheratome zu schätzen, ein einziges Ätheratom habe sich bei diesem Strahlungsvorgang der

---

[1]) Vgl. K. Langenbach, Ann. d. Phys. *10*, 813, 1903: J. Holtsmark, Ann. d. Phys. *55*, 245, 1918.

[2]) Vgl. W. Ritz, Phys. ZS. *4*, 406 (Hauptserie, 2. Nebenserie), 1902; F. Paschen, Ann. d. Phys. *27*, 566, 1908; A. Sommerfeld, Ann. d. Phys. *51*, 81, 85, 1916: Die Haupt- und die 2. Nebenserie lassen sich auch $\nu = 4\,R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{m^2}\right)$, für $m = 4, 5, 6 \ldots$ bezw. $\nu = 4\,R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{m^2}\right)$, für $m = 5, 6, 7 \ldots$ schreiben. Die höheren Obertöne des Atomkerns geben zu weiteren Serien Veranlassung.

[3]) Vgl. W. Wien, Ann. d. Phys. *23*, 432, 1907; H. A. Lorentz, Phys. ZS. *11*, 1249, 1910: F. Haber, Phys. ZS. *12*, 1041, 1911; E. S. Bishop, Phys. ZS. *12*, 1152, 1911; J. Stark, Phys. ZS. *13*, 535, 1912; E. Zemplén, Phys. ZS. *14*, 423, 1913; W. Seitz, Phys. ZS. *14*, 659, 1913: J. Frank und G. Hertz (v. Baeyer, Dember) Verh. d. D. Phys. Ges. *13*, 968, 1911.

Ätherhülle angelagert, es habe vorher Lichtgeschwindigkeit besessen, nach der Anlagerung aber, als Teil der Ätherhülle, besitze es keinerlei eigene Energie mehr, weder potentielle noch kinetische. In Wirklichkeit wird es in der Aetherhülle noch einen gewissen Energiebetrag innehaben — als Teil der Nullpunktsenergie des Wasserstoffatoms (S. 68) — es wird aber aller Wahrscheinlichkeit nach vorher auch eine wesentlich grössere Ätheratomgeschwindigkeit besessen haben als nur Lichtgeschwindigkeit (S. 73). Seine Masse sei μ. Setzen wir seine auf die Ätherhülle übertragene Energie

$$\frac{\mu}{2} c^2 = \frac{\mu}{2} \cdot 9. 10^{20} = W = 2. 10^{-11} \; Erg,$$

so ergibt sich hieraus die ungefähre Masse eines Ätheratoms $\mu = 4{,}4. \; 10^{-32} g$ [1]), ein Wert, der etwa 20000 mal kleiner ist, als die Masse eines Elektrons. Danach wäre also wahrscheinlich, dass ungefähr 20000 Ätheratome zusammen erst den (statistischen) Mittelwert der Masse eines Elektrons ergäben (welches ja selber auch nahezu auf Lichtgeschwindigkeit gebracht werden kann), und dass offenbar entsprechende Tausende von Ätheratomen zum Bestand einer normalen Wasserstoffatom-Ätherhülle gehören, da diese beim positiven Wasserstoffatomion ein ganzes Elektron verloren hat. Mit kleineren Zahlen von W, wie sie von mehreren anderen Beobachtern angegeben werden, bekäme man noch kleinere Massen μ der Ätheratome.

Der Weg, den N. Bohr bei seinen Berechnungen der Serienlinien eingeschlagen hat, bietet vor dem von E. Riecke eingeschlagenen Weg jedenfalls den Vorteil, dass dem Planckschen Wirkungsquantum dabei eine entscheidende Rolle beigelegt wird. Nach meiner atomistischen Ätherhypothese scheint sich dieses Wirkungsquantum aus dem Hamiltonschen Prinzip folgendermassen zu ergeben: das Integral $\int (T - U) \, dt = 0$ ist für molekulare oder Atomvorgänge, um die es sich hier handelt, in 2 Teile zu zerlegen, einen Teil für die Körperatome, die dabei in Funktion treten, indem sie in Schwingungen geraten und strahlen oder in irgend einer anderen Weise entsprechende Veränderungen durchmachen, und einen Teil für die Ätheratome. Bei jeder Anlagerung eines Ätheratoms an die Ätherhülle wird dieses von einem gewissen Zustand $T_1 \; U_1$ seiner kinetischen Energie T und potentiellen Energie U in einen anderen Energiezustand $T_0 \; U_0$ übergeführt, in einer Zeit $\triangle t$, die wir als sehr klein, im Vergleich zu den anderen Vorgängen molekularer Natur vielleicht

[1]) Korrektur des in den Verh. d. D. Phys. Ges. *18*, 143, 1916 versehentlich berechneten Wertes.

sogar als fast unendlich klein auffassen können, so dass unter der Annahme, es seien $U_1 = 0$, $T_0 = 0$, der Wert dieses Teils des Integrals, der sich auf ein Ätheratom bezieht: $(T_1 - U_0)\,\Delta t = h/2\pi$ würde[1]), wogegen nun $-(T_1 - U_0)\,\Delta t$ auf die atomaren oder molekularen, vermöge dieser Ätheratomanlagerung ablaufenden Prozesse entfiele[2]). Schätzungsweise ergibt sich, der Grössenordnung nach, unter der Annahme von $U_0 = 0$ und $T_1 = W$ wie oben (S. 85) der Wert von Δt als etwa $0{,}5 \cdot 10^{-16}$ oder ein Zwanzigtausendbilliontel Sekunde.

Aus zahlreichen Versuchen aller Art scheint hervorzugehen, dass $2\pi\,(T_1 - U_0)\,\Delta t$ immer denselben konstanten Wert h annimmt, vermutlich weil dabei immer unter ganz ähnlichen Bedingungen das Ätheratom von einer annähernd gleichen kinetischen zu fast ganz derselben potentiellen Energie in derselben Zeit gebracht wird, oder umgekehrt. Wenigstens für die statistischen Mittelwerte wird dies der Fall sein. Doch möchte ich glauben, dass die Grösse h doch nicht für alle physikalischen und chemischen Vorgänge eine absolut konstante Zahl sei, dass man vielmehr gewisse Unterschiede derselben nachweisen könne, wenn man sie einmal auf sehr viele Dezimalstellen sicher zu bestimmen vermag. Weil wir nämlich vom absoluten Nullpunkt der Energie der Ätheratome, für die Ätheratomgeschwindigkeit Null, ausserordentlich weit entfernt sind, kommen eben ihre Energieunterschiede bei zahlreichen Versuchen nicht merklich zur Geltung. Aber nicht alle Energieänderungen geschehen quantenhaft, nur solche, bei denen Ätheratome aus Ätherhüllen in den freien Äther übergehen, verdampfen, oder umgekehrt[3]).

Es scheint mir, dass die Proutsche Hypothese, alle Körperatome seien im Grunde aus dem Wasserstoffatom aufgebaut, doch wieder zu Ehren gezogen werden sollte. Unverhältnismässig viele Atomgewichte kommen doch ganzen Vielfachen des Wasserstoffatomgewichts sehr nahe. R. J. Strutt schreibt: „Man erhält das überraschende Resultat, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die Annäherung der Atomgewichte an ganze Zahlen Zufall sei, sich wie 1 : 1000 verhält. Um Laplaces Ausdrucksweise zu gebrauchen, so haben wir demnach viel triftigere Gründe, an die Wahrheit einer modifizierten Proutschen Hypothese zu glauben, als an viele historische Tatsachen, welche allgemein als sicher angenommen werden.“[4]) Nun wissen wir aus den neueren Bestimmungen der Isotopen radioaktiver Elemente

---

[1]) P. Debye und A. Sommerfeld, Ann. d. Phys. *41*, 874, 1913.
[2]) Vgl. P. Debye, Ann. d. Phys. *33*, 1434, 1910.
[3]) Vgl. auch W. Nernst, Verh. d. D. Phys. Ges. *18*, 114, 1916.
[4]) R. J. Strutt, Phys. ZS. 2, 556, 1901 (C. G. Schmidts Referat).

und aus dem Vorhandensein von Plejaden chemisch und physikalisch — abgesehen von ihrer Radioaktivität — ganz gleich wirkender Atome von wesentlich (um 4 oder 8) verschiedenem Atomgewicht, dass alle Atomgewichte, die nicht genau ganzzahlige Vielfache des Wasserstoffatomgewichts sind, auf Gemische von Isotopen zurückgeführt werden können, wie dies bei Blei namentlich durch Hönigschmid[1]) festgestellt worden ist. Weiterhin sind in Kanalstrahlen ausser den zweiatomigen auch dreiatomige Wasserstoffmolekeln H_3 nachgewiesen worden[2]). Endlich ist längst bekannt, dass bei grösseren Molekulargeschwindigkeiten, die ja dem Maxwellschen Geschwindigkeitsverteilungsgesetz zufolge z. B. in jedem Gaszustand vorkommen, die mehratomigen Molekeln einatomig werden müssen. Unter solchen Umständen bleiben die Grundlagen der Atomgewichtsbestimmungen nicht mehr streng richtig und die Wahrscheinlichkeit der Proutschen Hypothese muss fast zur Gewissheit werden. Daher habe ich vor kurzem aus kugelförmigen Wasserstoffatomkernen, die sich ohne Ätherzwischenschichten berühren, andere Atome aufzubauen versucht, z. B. Helium, Kohlenstoff usf.[3]) Wenn nun die kugelförmigen Wasserstoffatomkerne die Bausteine aller anderen Körperatome sind, müssen wir bei allen anderen Elementen ähnliche Spektralserien erwarten wie beim Wasserstoff. Denn alle zusammengesetzten Atome höherer Atomgewichte sind dann gewissermassen traubenförmige Aggregate von Wasserstoffatomkernen. Natürlich werden nun die Schwingungsmöglichkeiten der letzteren durch ihre Zusammenlagerungen etwas verändert, sodass auch die Serien im Spektrum verschoben erscheinen. Weil aber von diesen kugeligen Bausteinen, den Wasserstoffatomkernen, einzelne fester an den ganzen Atomkern gefesselt sind (wenn sie z. B. der Mitte desselben näher liegen), andere dagegen loser anliegen (wenn sie sich ganz aussen, vielleicht noch halb schwebend, an den Atomkern angelagert haben), werden verschiedene ganz ähnliche Serien nebeneinander entstehen, sodass wir je nach der Kompliziertheit der Atomkerne Dublette, Triplette von Spektrallinien bekommen müssen usf. Alle kohärenten Schwingungszustände desselben Körperatoms werden ausserdem ihre Kombinationslinien geben. Auch andere, verwickeltere Spektrallinien aller Art werden um so zahlreicher auftreten, je komplizierter das betreffende Körperatom aus seinen Wasserstoffatomkern-Bausteinen zusammengesetzt ist.

[1]) O. Hönigschmid und St. Horowitz, Wien. Ber. *123*, (IIa) 2407; (IIb) 1033, 1914.

[2]) A. J. Dempster, Phys. Rev. (2) *8*, 651, 1916.

[3]) L. Zehnder, Verh. d. D. Phys. Ges. *18*, 324, 1916; Verh. Schweiz. Naturf. Ges. Zürich, 181, 1917.

Bei jeder thermischen oder elektrischen (molekularen) Agitation, der unser betrachtetes Körperatom ausgesetzt ist, erleidet dasselbe nicht nur ab und zu einen Stoss, sondern deren ungemein viele, der Grössenordnung nach beispielsweise 10 Milliarden in der Sekunde. Daher wird sich vermutlich jedes Körperatom fortdauernd in einem mit Strahlung verbundenen Schwingungszustand befinden, aber nach jedem neuen Zusammenstoss in einem anderen Schwingungszustand. Von der Dauer dieser Zusammenstösse wird es abhängen, ob immer nur die tiefste mögliche Schwingung des Körperatoms erzeugt wird, wie etwa bei sehr geringen Molekulargeschwindigkeiten, oder auch eine höhere Oberschwingung. Sind nämlich diese Zusammenstösse sehr kurz im Vergleich zu der betreffenden Körperatomschwingungsdauer, so laufen die Zusammenstösse in allen möglichen Phasen der augenblicklichen Körperatomschwingung ab, und alle möglichen Oberschwingungen des Körperatoms werden daraus hervorgehen. Es ist aber denkbar, oder sogar wahrscheinlich, dass nur diejenigen von allen diesen Schwingungen für uns wahrnehmbar werden, die intensiv genug sind, um mindestens mit der Ablösung eines Ätheratoms von der Ätherhülle des betreffenden, gewissermassen „wahrnehmenden“ Körperatoms zu reagieren, dass dagegen alle schwächeren Schwingungen die Schwellenwerte unserer Beobachtungsmittel aller Art (z. B. der Molekeln unserer empfindlichen Augensubstanzen in der Netzhaut oder unserer photographischen empfindlichen Schichten) nicht zu überschreiten vermögen. Dennoch werden auch alle für uns nicht wahrnehmbaren Atomschwingungen gewisse Wirkungen auf andere Körperatome ausüben, namentlich auf ganz gleichartige; es müssen Resonanzvorgänge eintreten, Absorptionen kommen zustande, die Strahlung strebt einem ungeordnetsten Zustand, einem Entropiemaximum zu.

Wenn unser Körperatom ausserordentlich kurzen plötzlichen und heftigen Stössen ausgesetzt ist, wie sie z. B. von Kathodenstrahlen oder β-Strahlen, von Elektronen verschiedener Provenienz herrühren, so wird seine Ätherhülle fast gleichzeitig über ihre ganze Oberfläche hinweg in die entsprechend stärkere elektrische Agitation versetzt; denn diese Elektronen haben Geschwindigkeiten, welche der Lichtgeschwindigkeit nahekommen, welche die Schallgeschwindigkeit, wie sie für die Erklärung der Lichtschwingungen im Körperatomkern noch ausreicht, beispielsweise um etwa das Fünfzigtausendfache übertreffen können. Mit solcher Geschwindigkeit bläst gewissermassen ein „Ätherwind“ um die Ätherhülle des Körperatoms herum. Aber durch die Reflexion des Elektrons oder durch Überleiten desselben auf Nachbaratome

verschwindet die verstärkte Agitation der Ätherhülle etwa ebenso schnell, wie sie entstanden ist. Mit dieser stossweisen Verstärkung und Schwächung der Agitation in der Ätherhülle wird eine ebenso plötzliche stossweise Radialdruckänderung auf die Ätherhülle (und den Atomkern) einhergehen, die, wie mir scheint, zu Radialschwingungen der Ätherhülle, in der Richtung gegen den Atommittelpunkt, hin und her, Veranlassung geben muss. Vielleicht entsprechen diese Radialschwingungen ihrer Ätherhüllen der charakteristischen oder Fluoreszenzstrahlung der Körperatome im Gebiete der Röntgenstrahlen und der γ-Strahlen, indem sie Eigenschwingungen der Ätherhülle sind, die wegen des ungeheuren, auf der Ätherhülle lastenden Ätherdrucks, verbunden mit einer entsprechend grossen Elastizität der Ätherhülle, so schnell verlaufen, dass ihnen der Körperatomkern auch mit seinen schnellsten Oberschwingungen nicht mehr merklich zu folgen vermag, so dass die Koppelung zwischen den so verschiedenartigen Schwingungen aufhört. Weil aber die Körperatomkerne im allgemeinen um so weniger geometrisch einfache Gebilde sind, je grösser das entsprechende Atomgewicht ist, werden diese Ätherhüllenschwingungen in der Regel nicht an jeder Atomkernoberflächenstelle gleiche Schwingungsdauer haben (man denke z. B. an eine annähernd parallelepipedische Grundform des Körperatoms). Aber diese verschiedenen Eigenschwingungen der Ätherhülle sind durch die Ätherhülle selber miteinander gekoppelt, es werden in allen Körperatomen (ausser im Wasserstoffatom) Koppelungsschwingungen und ihre Kombinationsschwingungen auftreten, ähnlich wie ich für die Lichtschwingungen des Wasserstoffatoms auseinandergesetzt habe. Wenn diese charakteristischen Röntgenwellen wirklich nur in den Ätherhüllen der Körperatome ablaufen, gar nicht anders von den Atomkernen beeinflusst werden, als etwa durch die dem Atomgewicht ungefähr entsprechende (andere) Masse der Ätherhülle, so werden wir für diese Röntgenwellen in den Körperatomen chemischer Elemente, die wenig verschiedene Atomgewichte haben, auch ziemlich ähnliche Wellenlängen erwarten dürfen, und diese Röntgenwellen können sogar teilweise in noch einfacheren Beziehungen zueinander stehen als die rein optischen Wellen in den einfacheren Körperatomen wenig verschiedener Atomgewichte.[1])

[1]) Anm. b. d. Korr.: Ausserdem müssen im äussersten Ätherhüllenumfang und in der diesem nächstbenachbarten Schicht des umgebenden freien Äthers bei schnellsten Anstössen ähnlich gekoppelte Schwingungen zustandekommen, wie in der Atomkernoberfläche und der dieser anliegenden Schicht der Ätherhülle, und diese Schwingungen werden vermöge ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit (= Lichtgeschwindigkeit) gleichfalls Röntgen- und γ-Strahlen ergeben. Z.

Gewisse sehr komplizierte Körperatombauten, wie sie einigen radioaktiven Elementen höchster Atomgewichte zukommen werden, können vermöge des ungemein grossen auf ihnen lastenden Ätherdrucks teilweise zusammenklappen, wobei sie auf ein kleineres Atomkern- und also auch Körperatom-Volumen gebracht werden. Wenn dabei Bausteine ausgestossen werden, so scheinen es immer gleichzeitig vier derselben zu sein, die sich sogleich zu einem Heliumatomkern zusammenlagern, oder — die Atomkerne der Elemente höchster Atomgewichte sind überhaupt, wie man auch aus anderen Gründen schliessen kann, grösstenteils aus Heliumatomkernen aufgebaut. Dann werden bei jedem solchen Zusammenklappen jeweils Heliumatomkerne — α-Strahlen — ausgeschleudert, sofern es sich nicht um einfache Umlagerungen der Bausteine handelt, die dann nur mit dem Ausschleudern von Ätheratomen bzw. Elektronen — β-Strahlen — verbunden sind. Aber diese beiden heftigsten Erschütterungen des Atomkerns werden von Röntgenstrahlen — γ-Strahlen — grösserer oder geringerer Intensität der Ätherhülle des betreffenden Atomkerns begleitet sein[1]).

Der Umstand, dass dünne Membranen aus festen Körpern nicht nur für β-Strahlen, sondern sogar für α-Strahlen, also für Heliumatomkerne, durchlässig sind, hat wohl zum Teil die Vorstellung E. Rutherfords (l. c.) begünstigt, sowohl die Atomkerne als auch die Elektronen seien fast unermesslich klein, verglichen mit der Grösse der ganzen Körperatome. Nach meiner atomistischen Ätherhypothese kann aber das Hindurchdringen von β-Strahlen, von Elektronen, durch solche Membranen ein scheinbares sein. Auf der Membranvorderseite stossen dann die herangeschleuderten Ätheratome auf die Ätherhüllen der dort befindlichen Körperatome, wobei sie diese Ätherhüllen aufs heftigste aufwühlen, elektrisch erregen. Die elektrische Erregung pflanzt sich von den getroffenen Ätherhüllen, die bei grosser β-Strahlgeschwindigkeit zum Teil schon tief unter der Oberfläche der Membran liegen können, nach allen Seiten fort, nach vorn durch teilweise Reflexion der β-Strahlen bzw. der Ätheratome[2]); nach der Seite durch unmittelbare Übertragung der elektrischen Erregung auf die Nachbaratome; nach hinten, bei dünner Membran, bis zu der Membranrückseite, von da an durch Abstossen von β-Strahlen, von Ätheratomen in den rückwärtigen Raum. Dagegen werden α-Strahlen, Heliumatomkerne, vermöge ihrer für Massenteilchen ganz ungeheuren Geschwindigkeiten von beispielsweise mindestens 8000 bis 20000

[1]) Vgl. L. Zehnder, Verh. d. D. Phys. Ges. *15*, 1331, 1913; *18*, 146, 1916.
[2]) H. W. Schmidt, Ann. d. Phys. *23*, 671, 1907.

km/sec[1]) dünne Membranen in ähnlicher Weise durchlöchern, wie die modernen Geschosse Panzerplatten zu durchlöchern vermögen; nur $^1/_{8000}$ der α-Strahlen werden ungefähr senkrecht zurückgeworfen[2]). Wenn diese Vorstellung richtig ist, muss eine dünne Membran unter beständigem Bombardement von α-Strahlen allmählich in ihrem Gefüge verändert werden. Vielleicht entstehen wirklich dauernde kleinste Schusskanäle in der Membran. Aber die bei dem heftigen Hindurchschiessen der Heliumatomkerne seitlich gepressten Membranatome werden nachher durch ihre Nachbaratome wieder gegen ihre anfängliche Lage zurückgedrängt, so dass sich der durch das Hindurchschiessen erzeugte Kanal in der Membran doch zum Teil von selber wieder schliesst. Daher wird nicht nur kein Heliumatom, das ja mit seiner Ätherhülle ohnehin einen viel grösseren Querschnitt besitzt, als der hindurchgeschossene Heliumatomkern, durch diesen Schusskanal hindurchdringen, sondern vielleicht nicht einmal ein Wasserstoffatom, das möglicherweise mit seiner Ätherhülle auch noch grösser ist, als der Heliumatomkern. Nur bei so grosser Eigengeschwindigkeit eines Wasserstoffatoms (Wasserstoffatomions), dass dadurch beim Aufprallen auf die Membran seine Ätherhülle teilweise abgestreift werden könnte, liesse sich dann etwa ein Diffundieren von Wasserstoff durch die von α-Strahlen „durchlöcherte“ Membran denken. Aber auch in diesem Falle wäre es ein relativ nicht zu häufig sich ereignender Zufall, dass das heranfliegende Wasserstoffatom genau den Schusskanal des vorher hindurchgeflogenen α-Teilchens träfe und zugleich die Richtung dieses Kanals besässe.

Im Vorstehenden glaube ich gezeigt zu haben, dass meine atomistische Ätherhypothese und das von mir beschriebene Wasserstoffatom der Beachtung wert sind. Nach meiner Überzeugung können auf dem von mir eingeschlagenen Wege zahlreiche physikalische und chemische Vorgänge mehr und mehr aufgeklärt werden. Dennoch bin ich mir wohl bewusst, dass ich einstweilen nur einen kleinen Teil der bezüglichen Fragen angeschnitten, nur wenige von ihnen dem Verständnis näher gebracht habe. Der ungelösten Rätsel bleiben noch so viele, dass ich meine Hoffnung auf die Mitarbeit von zahlreichen Fachgenossen setzen muss.

Zusammenfassung.

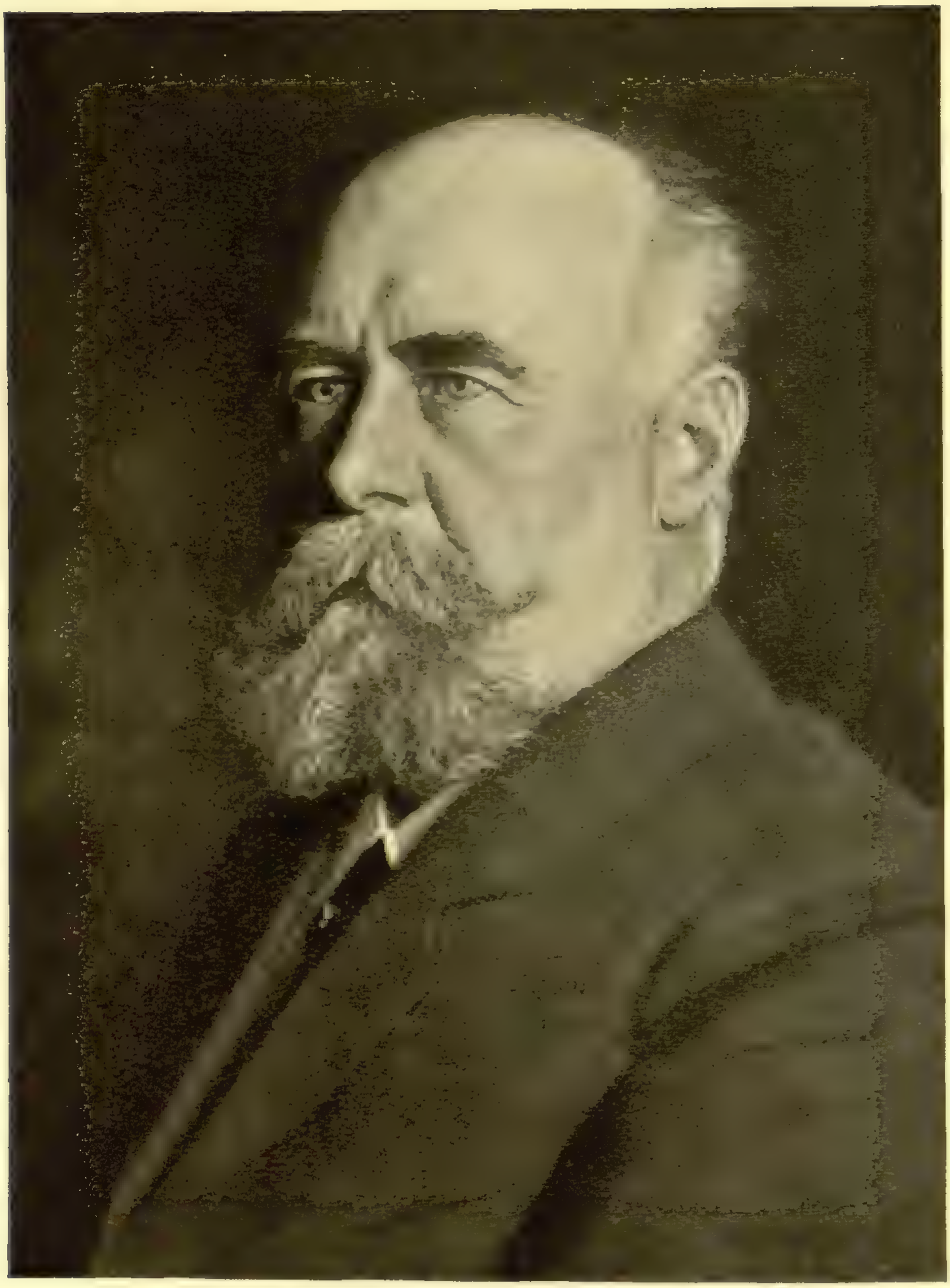
Der atomistische Weltäther, dessen „Wärme“ als das Wesen der Elektrizität aufgefasst wird, bedingt bei genügender Dichte das Vor-

[1]) E. Rutherford, Phil. Mag. *12*, 378, 1906; F. Haber, Phys. ZS. *12*. 1037, 1911; F. Mayer, Ann. d. Phys. *41*, 932, 1913.

[2]) E. Rutherford, Phil. Mag. *21*, 680, 1911.

handensein von Ätherhüllen um jedes Körperatom. Der *H*-Atomkern sei eine Kugel. Infolge heftiger Atomzusammenstösse oszillieren dann zweierlei Arten von kreisförmigen Wellen um den *H*-Atommittelpunkt, eine in der Atomkernoberfläche und eine in der Äterhülle; beide sind miteinander gekoppelt wie zwei elektrische Drahtkreise, und die schon von Riecke abgeleiteten Koppelungsgleichungen, welche die Balmersche Serie des *H*-Atoms ergeben, gelten für sie, mit entsprechenden Modifikationen. An einem Rieckeschen Doppelpendel werden die Oszillationen im Atomkern einerseits, in der Ätherhülle anderseits, und ihre Schwebungen anschaulich gemacht. Je nach der Auffassung der Koppelungsgleichungen können die bezüglichen Schwingungen als elastische oder als elektrische gedeutet werden. Bohrs elektrische Deutung lässt sich durch Berücksichtigung von Schwebungen verbessern. Das Plancksche Wirkungsquantum hängt, nach Massgabe des Hamiltonschen Prinzips, mit der Anlagerung eines Ätheratoms an die Ätherhülle zusammen, bzw. mit dessen Ablösung.

Zürich, den 6. August 1918.



Ulrich Herman

U. Grubenmann zum 70. Geburtstag.

Verzeichnis seiner Schriften.

Am 15. April 1920 rundet sich Herrn Professor Dr. U. Grubenmann das 70. Lebensjahr. Seine zahlreichen Schüler und Freunde entbieten ihm innigen Glückwunsch und herzliches „Glückauf“. Seit 1893 bekleidet der Jubilar die Professur für Mineralogie und Petrographie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule und Universität Zürich. Ausserordentlich viel verdankt ihm die Wissenschaft. Sein Hauptwerk: „Die kristallinen Schiefer. Eine Darstellung der Erscheinungen der Gesteinsmetamorphose und ihrer Produkte“ ist allen Kollegen, weit über die Grenzen unseres Landes hinaus, als Fundgrube ausgezeichneter Beobachtungen bekannt; es ist das Ergebnis jahrelanger unermüdlicher Studien, besonders in den geliebten Alpen. Es ist zugleich das markanteste Werk der neueren Zeit, das eine Verbindung zwischen Geologie und Petrographie anstrebt. Herr Professor Grubenmann hat uns gelehrt, Mineralien und Gesteine als Produkte geologischer, physikalisch-chemisch zu bewertender Faktoren anzusehen, eine Betrachtungsweise, der gerade die moderne Alpengeologie ausserordentlich viel verdankt.

Aber auch die praktische Gesteinskunde ist durch seine unermüdliche Arbeit bereichert worden. Die geotechnische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft hat Herrn Professor Grubenmann zu ihrem Präsidenten gewählt. Eine Reihe wichtiger, mustergültiger Publikationen sind unter seiner Leitung veröffentlicht worden.

Dem Forscher ist der Lehrer ebenbürtig. Ein vollgerüttelt Mass von Arbeit bedeutet die Doppelprofessur, die unser Jubilar seit 27 Jahren inne hat. Rektorats- und Dekanatsverpflichtungen haben oft schier Übermenschliches verlangt. Ein Blick in die vorbildlich organisierten Sammlungen des neuen Institutes für Mineralogie und Petrographie, die sein Werk sind, wird auch dem, der nicht das Glück hatte, zu seinen Füssen sitzen zu dürfen, zeigen, welch ausgezeichnetes Lehrtalent der Jubilar sein eigen nennt. Sein Name wird mit dem Aufbau und Ausbau des mineralogisch-petrographischen Institutes beider Hochschulen stets enge verknüpft sein.

Im Lehrer haben wir aber alle auch den Menschen schätzen und lieben gelernt; ihm gilt ebenso innig der Glückwunsch zum heutigen Fest. Benutzen wir die Gelegenheit von Neuem und immer wieder, uns in seine Werke zu vertiefen, die das Spiegelbild der ganzen Persönlichkeit sind, in der Hoffnung, dass es uns noch lange vergönnt sei, den Schöpfer zu den Unseren zählen zu dürfen.

Im Namen der Schüler und Freunde
Paul Niggli.

1874 . . . . . und C. Wurster: Überführung des Dinitrobenzols in Dibrombenzol. Berichte der Deutschen Chemischen Ges. zu Berlin 1874.

1879 Bericht über die Tätigkeit und Organisation der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft während der Jahre 1857 bis Mitte 1879. Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges. 4. Heft. Festschrift zur Feier des 25jährigen Jubiläums. Frauenfeld 1879.

„Darwin". Abschnitt aus der präsidialen Festrede am Jubiläum. Turgauerzeitung Nr. 177, 2. Blatt.

1881 Beitrag zur Kenntnis des Bessemerprozesses. Beilage zum Programm der thurgauisch. Kantonsschule Frauenfeld.

Ein Rückblick auf die Erdbeben des Jahres 1880. Thurgauerzeitung Nr. 276 und 277. Beil.

1882 Bericht über die Tätigkeit der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft in der Periode vom 27. Juni 1879 bis 20. November 1881. Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges. 5. Heft. Frauenfeld.

1884 Bericht über die Tätigkeit der Thurgauischen Naturf. Gesellschaft in der Periode vom 21. Nov. 1881 bis 28. Sept. 1883. Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges. 6. Heft. Frauenfeld.

„Unser Trinkwasser". Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges. 6. Heft.

1886 Zur Kenntnis der Basalte des Hegau's. Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges. 7. Heft. Frauenfeld.

Die Basalte des Hegau's, eine petrographische Studie. Inauguraldissertation Zürich.

1887 Eröffnungsrede bei der 70. Jahresversammlung der Schweiz. Naturf. Ges. in Frauenfeld. Verhandl. der S. N. G.

„Über einige Methoden und Ziele der neueren Petrographie". Wissenschaftl. Teil der vorigen Eröffnungsrede, als Sonderabdruck, Franenfeld.

1888 Über die Gesteine der sedimentären Mulde von Airolo. Ein Beitrag zur Kenntnis metamorphosierter Gesteine. Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges. 8. Heft. Frauenfeld.

. . . . . und Ed. Lang. Thurgauische Lebensmittelkontrollstation: Resultate der Untersuchung thurgauischer Weine von den Jahrgängen 1886 und 1887; eben dort, Heft 8.

1890 Zur Kenntnis der Gotthardgranite. Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges. 9. Heft. Frauenfeld.

1891 Sonnige Wintertage in Davos. Schweizer Alpen-Zeitung. 9. Jahrgang. S. 28—30.

Ostertage in den Euganeen. Schweizer Alpen-Zeitung. 9. Jahrgang. S. 75—79 und 81—84.

1892 Über Gesteine des granitischen Kerns im östlichen Teil des Gotthardmassivs. Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges. 10. Heft. Frauenfeld.

1895 . . . . . und L. Tetmajer: Würdigung der chemischen Zusammensetzung der natürlichen Bausteine und deren Wetterbeständigkeit. Prüfung des Einflusses der Rauchgase, insbesondere der Schwefelsäure. Internationale Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden von Bau- und Konstruktionsmaterialien. Zürich. Bericht der Unterkommission Nr. 3 der IV. ständigen Kommission.

1896 Beiträge zur Geologie von Abessynien. Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges. 12. Heft. Frauenfeld.

Über einige Ganggesteine in der Gefolgschaft der Tonalite. T. M. P. M. Band XVI., 3. und 4. Heft.

Über den Tonalitkern des Iffinger bei Meran. Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich.

1898 Einteilung, Benennung und Beurteilung der natürlichen Bausteine nach ihrer petrographischen Beschaffenheit und geologischen Stellung. Offizielle Mitteilung der schweizerischen Materialprüfungsanstalt am Polytechnikum. 1. Heft, 2. Auflage. Zürich.

1899 Über die Rutilnadeln einschliessenden Bergkristalle vom Piz Aul im Bündneroberland. Neujahrsblatt der Naturf. Ges. Zürich. 101. Stück.

Über den petrographischen Bau eines geologischen Profils der Ostalpen. Fünf Mitteilungen im Anzeiger der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien. Sitzungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse: 1895, den 14. Februar; 1896, 23. Januar; 1897, 14. Januar; 1898, 20. Januar; 1899, 12. Jan.

1900 Tabellen zum Bestimmen der Mineralien nach Kristallform und Kristallhabitus, physikalischen Kennzeichen und einfachen

chemischen Reaktionen. Zürich, Druck von Zürcher & Furrer 1. Auflage.

1903 F. Becke, F. Berwerth und . . . . . Über Mineralbestand und Struktur der kristallinen Schiefer. I. Teil. Denkschriften der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien. Vergl. auch akademischer Anzeiger Nr. XI vom 7. Mai (F. Becke).

1904 Über einige Gesteine aus dem Stollen des Elektrizitätswerkes von Schuls im Unterengadin. Eklogae Geol. Helv. Vol. VIII Nr. 2. Lausanne.

Über Pneumatolyse und Pegmatite mit einem Anhang über den Turmalin-Pegmatit vom Piz Cotschen im Unterengadin. Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich.

Die kristallinen Schiefer. I. Allgemeiner Teil. Berlin. Gebrüder Borntträger.

1906 Über einige schweizerische Glaukophangesteine. Festschrift zum 70. Geburtstag von H. Rosenbusch. Stuttgart. E. Schweizerbart.

Prinzipien und Vorschläge zu einer Klassifikation der kristallinen Schiefer. Compte Rendu des X. internat. Geologen-Kongresses in Mexico.

1907 Die kristallinen Schiefer. II. Spezieller Teil. Berlin. Gebrüder Borntträger.

Vorläufige Mitteilung über einen Schweizerischen Sillimanitgneis. Vierteljahrsschr. der Naturf. Ges. Zürich.

Die schweizerischen Tonlagerstätten, Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechnische Serie IV. Lieferung, I. geologischer Teil, mit einer Karte der Tonlagerstätten und 355 Karten- und Profilclichés. Leitung der Untersuchungen; Redaktion gemeinsam mit Dr. Emil Letsch. Bern.

1908 Über Steinbeile aus den thurgauischen Pfahlbauten bei Steckborn und Kreuzlingen. Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges. 18. Heft.

Der Granatolivinfels des Gordunotales und seine Begleitgesteine. Vierteljahrsschr. der Naturf. Ges. Zürich.

1909 Die grossen Eisenerzlagerstätten im schwedischen Lappland. Nach einem Vortrag in der Naturf. Ges. Zürich. Neue Zürcher Zeitung. Nr. 89. 1. Morgenblatt.

Beiträge zur Geologie des Unterengadins, II. Teil: die kristallinen Gesteine. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. N. F. Lieferung 23. Bern.

1910 Die kristallinen Schiefer. Eine Darstellung der Erscheinungen der Gesteinsmetamorphose und ihrer Produkte. 2. neu bearbeitete Auflage. Berlin, Gebrüder Borntträger.

Über einige tiefe Gneise aus den Schweizeralpen. C. R. des XI. internat. Geologen-Kongresses in Stockholm.
Theorie und Praxis im Unterricht an technischen Hochschulen. Ansprache bei der Eröffnung des 56. Studienjahres (1910/1911) an der E. T. H. Academia VII. Jahrg.

1911 Über die Tessinergneise. Zeitschr. der Deutsch. Geolog. Ges. Band 63, Monatsber. Nr. 3.

1912 Struktur und Textur der metamorphen Gesteine. Fortschr. der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie. II. Band. Jena. Gust. Fischer.
Mineral- und Gesteinsbildung auf dem Wege der Metamorphose. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Band VI, p. 934/944. Jena. Gust. Fischer.
Richtigstellung (bezüglich der Südflanke des Clünas) Geolog. Rundschau. Band III, p. 576.
Tabellen zum Bestimmen der Mineralien etc. 2. Auflage. Druck von A. Markwalder, Zürich.

1913 Gesteinsstruktur und Gesteinstextur. Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Band IV, p. 1064/1071. Jena. Gust. Fischer.
Die Systematik der metamorphen Gesteine. Fortschr. der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie. III. Band. Jena. Gust. Fischer.
Über die Entwicklung der neueren Gesteinslehre. Verhandlungen der Jahresversammlung der S. N. G. in Frauenfeld. Vergl. auch: Monatshefte für den naturw. Unterricht aller Schulgattungen 1914 S. 321. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner.

1914 Der Granat aus dem Maigelstal im Bündneroberland und seine Begleitmineralien. Festschrift der Dozenten der Universität Zürich.
Über drei Alkaligesteine aus dem Berninagebiet. Schweizerische Chemikerzeitung, 1. Jahrgang. Zürich.
. . . . . und Dr. A. Jeannet: Karte der schweizerischen Steinbrüche in Bausteinen. 1 : 530 000. Bern. In den Beiträgen zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, V. Lieferung. I. Teil.
. . . . . und Dr. A. Erni: Die mikroskopische Untersuchung der schweizerischen Breccien und Konglomerate.
. . . . . und Dr. A. Erni: Die mikroskopische Untersuchung der schweizerischen Kalksteine.
Die mikroskopische Untersuchung der schweizerischen Dachschiefer (Tonschiefer und Phyllite).

Die mikroskopische Beschaffenheit der schweizerischen kristallinen Silikatgesteine, in den Beiträgen zur Geologie der Schweiz. Geotechn. Serie, Lief. V, II. Teil. Bern.

Tabellarische Zusammenstellung der Resultate der geologischen, petrographischen und technologischen Untersuchung der Bausteine aus schweizerischen Steinbrüchen. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechn. Serie. V. Lieferung, II. Teil. Bern.

1915 Geschichte und Tätigkeit der Geotechnischen Kommission der S. N. G. Neue Denkschriften der Schweiz. Naturf. Ges., Band L.

1916 . . . . . und L. Hezner. Zusammenstellung der Resultate über die von 1900—1915 im mineralogisch-petrographischen Institut der E. T. H. ausgeführten chemischen Gesteins- und Mineralanalysen. Vierteljahrsschr. der Naturf. Ges. Zürich.

1917 Zur Petrographie und Geologie der einheimischen Steinmaterialien für den Bau und Unterhalt der Strassen. Schweizerische Zeitschrift für Strassenwesen und verwandte Gebiete. 3. Jahrg. Nr. 7. (Im Auszug auch im Schweizer Baublatt 37. Band, Nr. 63).

Tabellen zum Bestimmen der Mineralien nach Kristallform etc. 3. Aufl. Druck von A. Markwalder, Zürich.

1918 Dr. David Friedrich Wiser (1802—1878) Lebensbild eines Züricher Mineralogen. Neujahrsblatt der Naturf. Ges. Zürich. 120. Stück.

1919 Dr. L. Hezner † und (. . . .) Über manganreiche kristalline Schiefer Indiens. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, pg. 7—28.

Lamprophyrische Ganggesteine im zentralen Gotthardgranitgneis aus der Umgebung des Gotthardhospizes. Vierteljahrsschrift (Heim-Festschrift) der Naturf. Ges. Zürich.

1920 Etude des roches recueillies par l'expédition Suisse au Grönland 1912—1913, sous la conduite de A. de Quervain, par le prof. Dr. U. Grubenmann (Zurich) et le Dr. A. Brun (Genève). Neue Denkschriften der Schweiz. Naturf. Ges., Band LIII.

Nekrologe.

1890 Gustav Stricker (1846—1889), Lehrer an der thurgauischen Kantonsschule. Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges, 9. Heft. Frauenfeld.

1892 Dr. phil. Gust. Schröder (1833—1891), Apotheker in Frauenfeld. Mitteil. der Thurg. Naturf. Ges. 10. Heft. Frauenfeld.

1897 Gust. Adolf Kenngott (1818—1897), Professor der Mineralogie am Eidg. Polytechnikum und an der Universität Zürich. Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich.

1906 Arnold Bodmer-Beder (1836—1906). Verhandlungen der S.N.G. 1906 (1907). Auch Neue Zürcher Zeitung (1906), Nr. 106, 2. Morgenblatt.

1907 Gedächtnisrede auf Prof. Dr. J. Rebstein (1840—1907), gest. am 14. März. Schweizerische Bauzeitung 49. Band, p. 152/153. Zürich.

1916 Dr. Laura Hezner (1862—1916), Privatdozent für Mineralogie und Petrographie an der E. T. H. Vierteljahrsschr. der Naturf. Ges. Zürich (mit Nachtrag der wissenschaftl. Publikationen 1917).

1918 Dr. phil. h. c. Robert Moser (1838—1918). Verhandlungen der S. N. G. 1918 (1919).

(J. Jakob u. Hans Schinz.)

Zur Biologie und Anatomie einiger Enchytraeiden.

Von

Dr. Georg Jegen,

Privatdozent an der Eidg. Techn. Hochschule und Assistent an der Schweiz. Versuchsanstalt in Wädenswil.

(Als Manuskript eingegangen am 3. November 1919.)

A. Einleitung.

Die im Nachfolgenden zur Darstellung gelangten Untersuchungen wurden zum grössten Teil an der Schweizerischen Versuchsanstalt in Wädenswil in den Jahren 1918 und erste Hälfte 1919 ausgeführt. Es muss nun aber betont werden, dass es wohl kaum möglich gewesen wäre, ein Material von dieser Ausdehnung in lang dauernden Versuchen in relativ kurzer Zeit zu bearbeiten, wenn nicht schon in den Jahren 1916 und 1917 während meiner Tätigkeit als Privatdozent an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich ein umfangreiches Untersuchungs- und Beobachtungsmaterial gewonnen werden konnte. Gestützt auf dieses zum Teil schon gesichtete und verarbeitete Material, konnte in Wädenswil der experimentelle Teil der Arbeit sofort nach Feststellung der vorhandenen Bedingungen an die Hand genommen werden.

Die Untersuchungen über das biologische Verhalten der Enchytraeiden wurden besonders stark beeinflusst durch gewisse pflanzenpathologische Erscheinungen. So konnten die Beziehungen gewisser Enchytraeiden und Nematoden auf Grund von ausgedehnten Versuchen mit nematodenkranken Pflanzen ermittelt werden. Anderseits wurde versucht die kleinen Oligochaeten unter ihren natürlichen Lebensbedingungen zu beobachten, um jene auffindbaren Lebensäusserungen in ihrem Einfluss auf ihre nächste Umgebung zu erfahren. Das sind die beiden Hauptaufgaben, die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegen.

Dass in einem zweiten Teile einige anatomische Fragen erledigt werden mussten, liegt in der Sache selbst begründet, indem für die Abklärung gewisser wichtiger Erscheinungen auch die Organisation eines Tieres mitspricht, namentlich wenn es sich darum handelt zu ent-

scheiden, inwieweit die Enchytraeiden gewisse Zersetzungserscheinungen im Boden begünstigen.

Dass mit den vorliegenden Forschungsresultaten die hier in Betracht fallenden Fragen nicht erschöpfend beantwortet sind, soll auch einleitend betont werden. Hingegen darf bei dem heutigen Stand der Kenntnisse über die Tätigkeit der Enchytraeiden im Erdreich angenommen werden, dass die Bedeutung der genannten unscheinbaren Lebewesen im Boden einigermassen ins rechte Licht gerückt wurde.

Wädenswil, im Juni 1919.

Der Verfasser.

B. Biologie einiger Enchytraeiden.

I. Beziehungen zwischen Enchytraeiden und Nematoden auf kranken Erdbeerpflanzen.

Im Frühjahr (Februar) 1918 wurden aus einer Gärtnerei des Thurgaus Erdbeerstöcke zur Untersuchung an die Schweizerische Versuchsanstalt in Wädenswil eingesandt. Die Pflanzen waren von vornherein als krank zu erkennen. Eine welke Farbe der Blätter und Stengel im Verein mit dem eingestellten Wachstum liessen vermuten, dass es sich hier um die Schädigungen in der Saftzufuhr handeln musste.

Die vorläufige Untersuchung des eingesandten Materials ergab die Anwesenheit tierischer Schädlinge und zwar:

1. *Tylenchus* devastatrix und
2. *Aphelenchus* ormeroides.

Der erstgenannte Nematode befand sich massensaft zwischen den Wuzeln und im Gewebe der untern Stengelteile, während der zweite Schmarotzer sich mehr unter den Blattscheiden aufhielt. Zugleich aber fanden sich an den zarten Nebenwurzeln und sogar unter der Epidermis der von den Nematoden bewohnten Stengelteile relativ häufig Enchytraeiden. Da mir durch die ausgeführten Untersuchungen klar wurde, dass die für die Enchytraeiden heute geltende Systematik nicht auf sichern Unterscheidungsmerkmalen beruht, so kann ich hier nur feststellen, dass es sich um Formen aus den Gattungen Enchytraeus, Pachydrilus und Fridericia handelt.

Bei Feststellung der Krankheitsursache des fraglichen Materials entstand nun die Frage, welcher der beiden Parasiten für die Erkrankung verantwortlich zu machen sei, oder ob eventuell beide an den Beschädigungen teilnehmen. Über das Verhältnis der Älchen zu ihren Wirtspflanzen wissen wir aus zahlreichen Arbeiten, dass dieselben teilweise gefährliche Parasiten darstellen, und es war von

vornherein nicht daran zu zweifeln, dass auch im vorliegenden Falle die Nematoden ihren Wirtspflanzen ernstliche Schädigungen zufügen.

Um aber über das Verhalten der Enchytraeiden zuverlässige Beobachtungen erhalten zu können, liess ich mir aus der nämlichen Gärtnerei etwa 14 Tage später nochmals Material senden. Dabei zeigte es sich, dass die Krankheitsmerkmale bedeutend weniger offensichtlich zu Tage traten. Der Gärtner hatte diese Gesundung seines Pflanzenmaterials nach seinen Aussagen durch eine gute Durchlüftung des Treibhauses sowie durch Feuchthalten der Erde erreicht.

Eine genaue Untersuchung dieses zweiten Materiales ergab nun die überraschende Tatsache, dass

1. Die Nematoden in weit geringerer Zahl vorhanden waren als im ersten Falle.

2. Die Enchytraeiden zahlenmässig stark hervortraten.

Diese Feststellungen veranlassten mich, den Gegenstand der Untersuchungen weiterhin im Auge zu behalten. Es liegt auf der Hand, dass die beiden schmarotzenden Lebewesen in irgend einer Weise in ihren Lebensäusserungen zusammenhängen, derart, dass nach den wahrgenommenen Veränderungen im Bestande der beiden Tierformen unter Umständen gerade das Überhandnehmen der Enchytraeiden die Nematoden zum Rückgang zwang.

Zum Zwecke der Untersuchung der hier angedeuteten Erscheinungen wurden die eingesandten kranken Erdbeerstöcke zu Experimenten verwendet. Nachdem in jedem Fall die Anwesenheit und Stärke der genannten Schmarotzer festgestellt war, wurden die Pflanzen einzeln in Töpfe mit frischer Gartenerde eingesetzt, und zwar wurden in bezug auf die dargereichten Bedingungen vier Gruppen gebildet.

a) Der Topf mit der Pflanze wird im Freien aufgestellt und in Anbetracht der Jahreszeit vor den verderblichen Nachtfrösten geschützt.

b) Die Pflanze wird unter Zimmertemperatur gehalten und durch fleissiges Begiessen für genügend Feuchtigkeit gesorgt.

c) Die Pflanze wird unter Zimmertemperatur gehalten, aber es wird wenig Wasser verabreicht.

d) Die Erde des Topfes wird mit Ätzkalk durchsetzt; die Pflanze unter Zimmertemperatur gehalten.

Die vorgenommene Einteilung des Versuches sollte mir über folgende Fragen Aufschluss geben:

1. Stehen die beiden Tierformen biologisch in einer Beziehung zu einander?

Durch Darbietung verschiedener Lebensbedingungen hoffte ich im einen oder andern Fall den einen oder andern Schmarotzer elimi-

nieren zu können, was unter Umständen auf die Entwicklung der Pflanze von sichtbarem Einfluss sein musste.

2. Welcher Art sind diese Beziehungen?

3. Welche der beiden Tierformen bildet die Ursache zur Erkrankung der Wirtspflanze?

Der Verlauf der eingeleiteten Versuche ist nun derart, dass in gewissen Zeitabständen eine äussere Kontrolle, d. h. eine Kontrolle über die noch vorhandenen Krankheitssymptome sowie über das gesamte Aussehen der Pflanze vorgenommen wurde. In zweiter Linie wurde in parallelverlaufenden Untersuchungen durch das Mikroskop das Verhalten der beiden Lebewesen kontrolliert.

Die Resultate der genannten Versuche sind in der folgenden Tabelle (pag. 104 u. 105) zusammengestellt:

Nach der oben angedeuteten Fragestellung gelangen wir zur Beantwortung der Frage:

1. Stehen die beiden Tierformen biologisch in irgend einer Beziehung zu einander?

Fassen wir zunächst die vier Versuchspflanzen und deren Allgemeinverhalten ins Auge, so geht aus den Experimenten hervor:

Sämtliche vier Pflanzen beherbergen beim Beginne des Versuches die beiden Schmarotzer.

a) Die Wirtspflanze Nr. 1 erhält gut gedüngte Erde und wird am Tage im Freien gehalten. Zudem wird sie sorgfältig mit Feuchtigkeit versorgt. Die Pflanze gedeiht unter diesen Bedingungen zusehends und kann nach der 2. Kontrolle als vollkommen gesund bezeichnet werden.

Von besonderer Wichtigkeit ist nun das Verhalten der beiden Tierformen. Es zeigt sich nämlich, dass die Nematoden sukzessive mit der zunehmenden Gesundheit der Wirtspflanze zahlenmässig abnehmen. Die Parasiten verschwinden schliesslich vollständig. Demgegenüber verhalten sich die Enchytraeiden gerade entgegengesetzt. Solange die Pflanze nämlich noch ein krankhaftes Aussehen aufweist und in den Stengelteilen äusserst zahlreiche Nematoden leben, sind die Enchytraeiden noch schwach vertreten. Die Bedingungen, die der Wirtspflanze geboten wurden, haben aber zweifellos zur Folge, dass die Enchytraeiden sich stark vermehren, und mit diesem Momente beginnen die Nematoden abzunehmen. Es wird weiter unten noch näher zu besprechen sein, welches die Gründe dieses allmählichen Rückganges der Nematoden sind. Das Verhalten der beiden Tierformen bei der ersten Versuchspflanze während der Zeit der vier

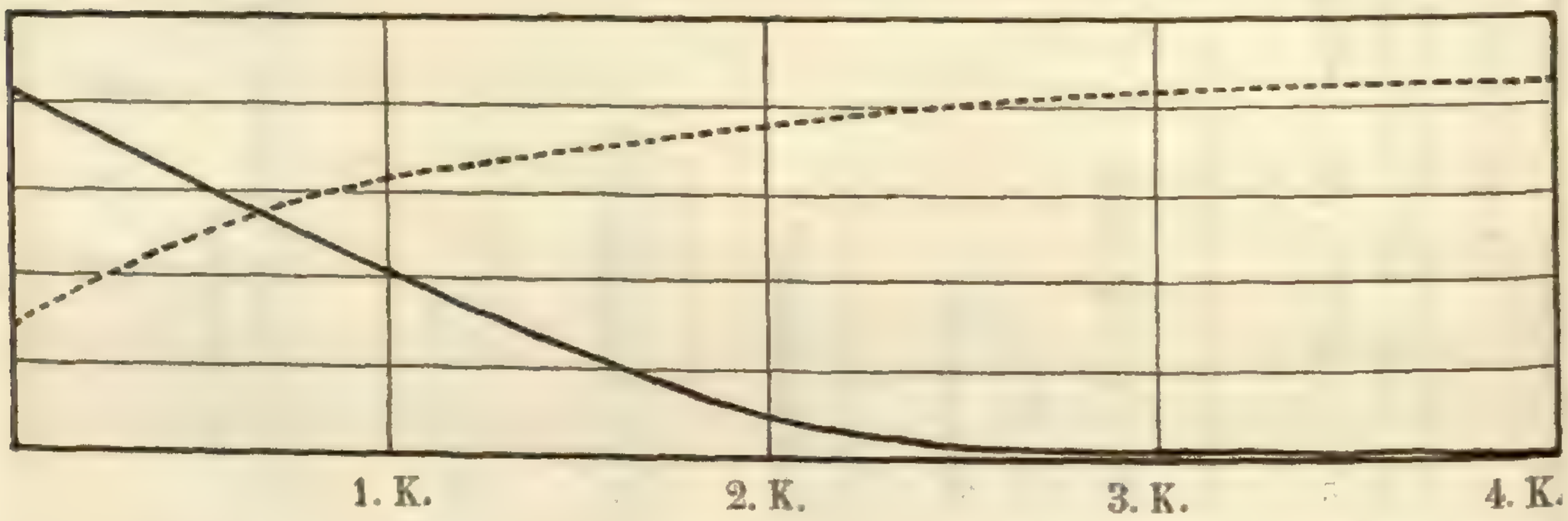
Versuchs-pflanze	Kontrolle	Krankheitssymptome	Nematoden	Enchytraeiden
Nr. 1	I	Blätter u. Stengel zeigen noch schwach sichtbare Spuren der Krankheit. Neue Stockausschläge zahlreich	Zahlenmässig in starkem Rückgang begriffen	Werden häufiger, grössere Exemplare zwischen den Nebenwurzeln und kleinere unter der Epidermis bei den Nematoden
	II	Die Pflanze nimmt immer mehr ein gesundes kräftiges Aussehen an	Nahezu verschwunden	Bedeutend zahlreicher
	III	Pflanze normal	Nicht mehr aufzufinden	Grösstenteils als geschlechtsreife Tiere zwischen den Wurzeln. Nur wenige und kleine Individuen unter der Epidermis
	IV	Pflanze normal	Nicht mehr vorhanden	Nur mehr zwischen den Wurzeln
Nr. 2	I	Blätter u. Stengel zeigen die Krankheit in gleichem Masse wie die eingesandten Pflanzen	Zahlreich	Vorhanden; unter der Epidermis aber äusserst selten
	II	Die Pflanze hat die Krankheitssymptome etwas verloren, jedoch noch deutlich sichtbar	Nehmen zahlenmässig ab	Werden häufiger, namentlich im Stengelgewebe
	III	Die Pflanze darf fast als normal bezeichnet werden	Nur selten mehr aufzufinden	Häufig, sowohl in der geschlechtsreifen Form zwischen den Wurzeln als auch in der Jugendform im Stengelgewebe.
	IV	Pflanze ist normal	Verschwunden	Häufig, wie vorher

Versuchs-pflanze	Kontrolle	Krankheitssymptome	Nematoden	Enchytraeiden
Nr. 3	I	Die Krankheit hat eher zugenommen	Sind in grosser Zahl vorhanden	Sind einzeln zwischen den Wurzeln, hingegen in Stengelgeweben nicht zu finden
	II	Die Krankheit nimmt zu	Werden zahlreicher	Selten
	III	Wie bei II	Nehmen zu	Selten
	IV	Die Pflanze ist im Absterben	Sehr zahlreich	Sehr selten
Nr. 4	I	Stark sichtbar	Stark zunehmend	Äusserst selten
	II	Die einzelnen älteren Triebe gehen ein	Wie vorher	Ganz verschwunden
	III	Es sind nur noch wenige junge Triebe in kümmerlicher Ausbildung vorhanden	In den noch lebenden Pflanzenteilen sehr zahlreich	Wie vorher
	IV	Die Pflanze ist abgestorben	—	—

ausgeführten Kontrollen wird durch nachstehende Kurve besonders deutlich zum Ausdruck gebracht.

Die graphische Darstellnng des Stärkeverhältnisses während des Versuches wurde auf folgende Weise gewonnen:

Es wurden der Versuchspflanze jeweilen möglichst genau gleiche Mengen der die beiden Schmarotzer enthaltenden Gewehe entnommen und deren Zahl bei den vier durchgeführten Kontrollen bestimmt. Die Variation in der Stärke der beiden Tierformen ist demnach auf der Ordinate aufgetragen und zwar in fünf Abstufungen. Da es bei den zu entscheidenden Fragen weniger auf die genaue Zahl der anwesenden Individuen ankommt, als auf deren Verhältnis bei den verschiedenen Kontrollen und bei den beiden Tierformen, so dürfte die Population in jedem Falle in der angegebenen Weise dargestellt ebenso klar sein.



Auf der Abzisse wurde die Kontrolle aufgetragen, so dass die beiden Bevölkerungskurven (ausgezogen und punktiert) uns über das Stärkeverhältnis der beiden Tiere in jeder Etappe genauen Aufschluss geben. Schwarz ausgezogen bedeutet die Bevölkerungskurve für die Nematoden; während die punktierte diejenige für die Enchytraeiden darstellt.

In bezug auf die Nematoden können wir aus der Darstellung Folgendes ermitteln:

Beim Beginne des Experimentes sind die genannten Parasiten in der Stärke 4 vorhanden (in jeder Probe 72—128 Stück). Je mehr sich aber die Wirtspflanze Nr. 1 entwickelt, um so weiter bewegt sich die Kurve (ausgezogen) nach abwärts, bis am Ende des Experimentes die Null-Linie faktisch erreicht ist, was uns dartut, dass mit diesem Moment die Nematoden ausscheiden.

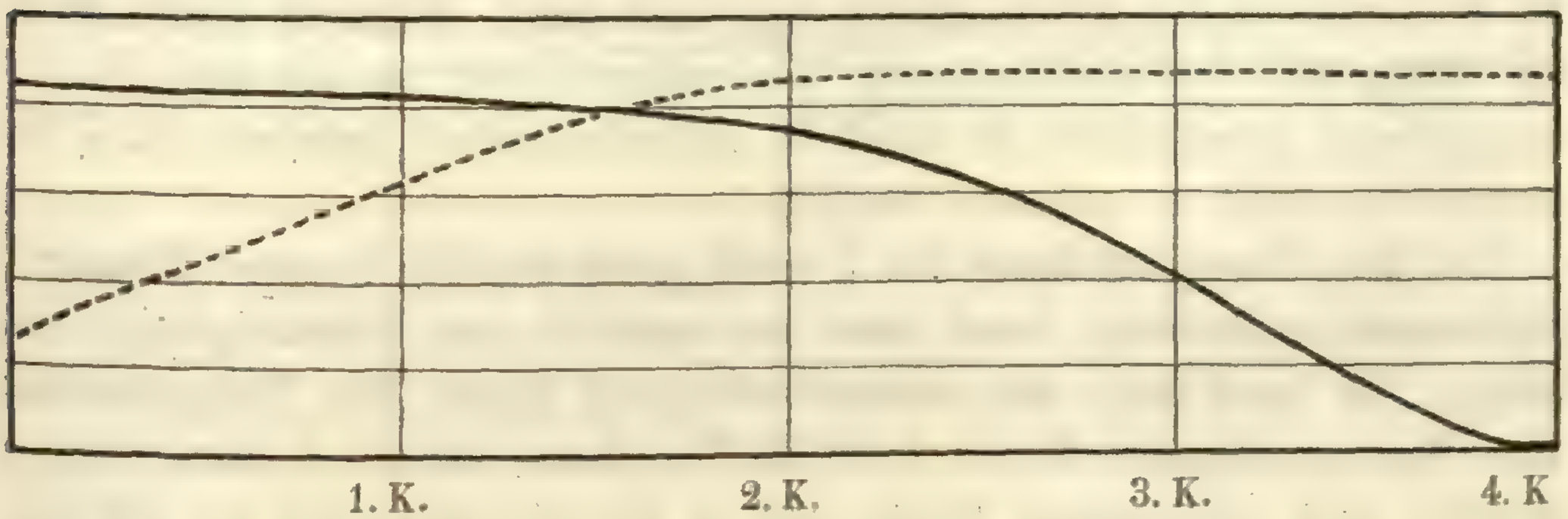
Im Gegensatz dazu verhalten sich die Enchytraeiden. Sie sind beim Beginne des Versuches etwa in der Stärke 1,5 vorhanden (8—21 In-

dividuen). Je mehr aber die Pflanze sich erholt, um so zahlreicher erscheinen die Oligochaeten, so dass am Schlusse des Versuches ein Maximum annähernd erreicht wird.

b) Die Versuchspflanze Nr. 2 wird behandelt wie Nr. 1, einzig mit dem Unterschied, dass sie beständig unter Zimmertemperatur gehalten wird. Das Resultat ihres Verhaltens während der Versuchszeit steht zu demjenigen der Pflanze Nr. 1 nicht im Widerspruch. Einzig darin lässt sich eine Differenz konstatieren, dass die Erholung bei Nr. 2 etwas langsamer fortschreitet, immerhin kann auch Nr. 2 am Schlusse des Versuches als volkommen normal bezeichnet werden.

Mit diesem dargelegten Allgemeinverhalten der Versuchspflanze Nr. 2 stimmt nun auch das Verhältnis der beiden sie bewohnenden Tierformen insofern überein, als in ihrer Bevölkerungsdichte entsprechend kleine Modifikationen zu jener von Nr. 1 auftreten.

Die Nematoden sind am Anfang des Experimentes in an-



nähernd gleichem Stärkeverhältnis vorhanden wie bei Nr. 1, und entsprechend dem langsamen Gedeihen der Pflanze erhält sich der Parasit auch längere Zeit auf bestimmter Höhe. Erst beim 3. Kontrollversuch, wo die Pflanze bereits ein normales Aussehen erlangt hat, hat die Zahl der vorhandenen Individuen stark abgenommen, um schliesslich so weit fortzuschreiten, dass bei der 4. Kontrolle die Nematoden verschwunden sind.

Auch die Enchytraeiden lehnen sich hier in ihrem Verhalten an dasjenige der 1. Versuchspflanze an, indem sich ihre Stärkekurve gerade in entgegengesetzter Richtung bewegt. Anfänglich in ungefähr gleicher Zahl wie bei Nr. 1 vorhanden, nimmt die Zahl der Individuen bis zum Kontrolluntersuch 2 ununterbrochen zu, um dann in gleicher Stärke bis zum Schlusse zu verbleiben. Die vorstehende Kurve bringt die besprochenen Verhältnisse mit ihren Abweichungen zu Nr. 1 deutlich zu Ausdruck.

Die Nematodenkurve beginnt fast auf maximaler Höhe und hält sich bis zum 2. Kontrolluntersuch annähernd auf derselben, um

nachher rasch auf die Nullinien zu fallen. Dem gegenüber beginnt die Kurve für die Enchytraeiden tief (ungefähr bei der Bevölkerungslinie 1,5). Sie steigt bis zur 2. Kontrolle stark und verbleibt von da ab bis zum Schlusse auf gleicher Höhe.

Der Hauptunterschied der beiden obigen Kurven liegt in der Lage der Kreuzungsstelle der beiden Kurven. Während er sich bei der ersten Versuchspflanze im ersten Viertel befindet, wird er im zweiten Fall nach der Mitte des zweiten Viertels hin verschoben. Die Kreuzungsstelle der Kurven gibt für die Pflanze in jedem Fall den Moment an, wo die beiden Tierformen in gleicher Stärke vertreten sind. Von ganz besonderer Wichtigkeit aber wird der genannte Punkt in der graphischen Darstellung, wenn wir wahrnehmen, dass von diesem Zeitpunkt an die Krankheit der Pflanze abzunehmen beginnt. Dabei ist es klar, dass je früher dieser Augenblick im Verlaufe der Krankheit eintritt, um so sicherer und vollkommener die Gesundung der Wirtspflanze vor sich geht. Wird er stark über die Mitte der Beobachtungszeit hinausgeschoben, so ist der Wirtsorganismus gewöhnlich so stark in Mitleidenschaft gezogen, dass er sich nicht mehr zu erholen vermag.

c) Die Versuchspflanze Nr. 3 wird gleich wie Nr. 2 unter Zimmertemperatur gehalten, dabei aber nur spärlich mit Feuchtigkeit versorgt. Es wird also die Lebensbedingung durch das Vorenthalten von Wasser und der freien Luft im Vergleich zu Nr. 1 stark abgeändert, und demgemäss finden wir in der Entwicklung der Pflanze auch grössere Differenzen. Anfänglich ist die Versuchspflanze Nr. 3 von gleichem Aussehen wie die beiden oben besprochenen. Die Krankheit aber nimmt bis zum dritten Kontrolluntersuch fast gleichmässig zu, um dann im letzten Intervall das Absterben des Organismus zu bewirken. In Anbetracht dieses abweichenden Verhaltens der Wirtspflanze finden wir auch bei den beiden schmarotzenden tierischen Bewohnern besondere Verhältnisse.

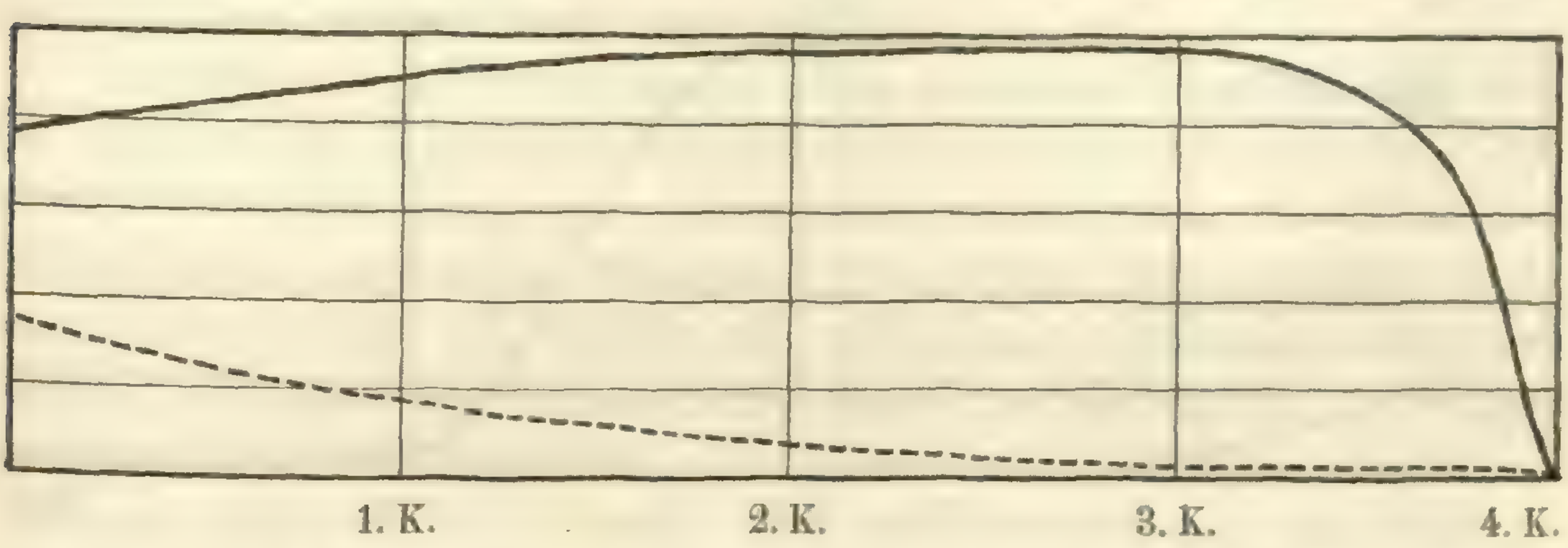
Die Nematoden nehmen bis zur dritten Kontrolle beständig zu, um mit diesem Zeitpunkte ihre maximale Bevölkerungsdichte zu erreichen. Mit dem Absterben der Pflanze sind natürlich auch die Bedingungen zum Leben des Parasiten vernichtet und er muss auswandern oder selbst zugrunde gehen.

Die Enchytraeiden finden sich anfänglich in der gewohnten Zahl. Sie nehmen aber bis zur dritten Kontrolle beständig ab und verschwinden mit dem Absterben der Pflanze fast ganz. Die folgende Kurve mag das Verhalten der beiden Tiere bei der Versuchspflanze Nr. 3 zur Anschauung bringen.

Der Unterschied in der Entwicklung des Stärkeverhältnisses der beiden tierischen Bewohner gegenüber den beiden ersten Versuchspflanzen zeigt sich deutlich. Die Nematodenkurve steigt bis zur dritten Kontrolle beständig und erreicht dort auch den Höhepunkt. Die Lebensbedingungen für den Parasiten beginnen aber mit dem langsamen Absterben der Wirtspflanze zu schwinden, und deshalb fällt die Kurve im letzten Intervall sofort auf die Null-Linie.

Die Kurve für die Enchytraeiden besitzt beim Beginne des Experimentes ihre maximale Höhe und fällt bis zur dritten Kontrolle gleichmässig. Von da ab bewegt sie sich so nahe der Null-Linie, dass die Enchytraeiden als faktisch verschwunden betrachtet werden können.

d) Die Versuchspflanze 4 wird unter Zimmertemperatur gehalten und zugleich wird die Erde mit Ätzkalk vermischt. Es sollte damit versucht werden,ob diese oft empfohlene Methode gegenüber denÄlchen wirklich als Bekämpfungsmittel angewendet werden kann, und zugleich



ist es nicht bedeutungslos zu erfahren, welche Wirkung dies auf die Enchytraeiden ausübt. Die Resultate, die aus dieser vierten Versuchsanordnung gewonnen werden, sind nun nach verschiedener Richtung hin interessant und werden noch über weitere Fragen, die vorläufig ausser Betracht gelassen werden, Aufschluss geben.

Die Wirtspflanze, die am Anfang die Merkmale der Krankheit im gleichen Masse wie die drei andern zeigt, vermag sich nicht mehr zu erholen. Sie zeigt beim zweiten und besonders beim dritten Kontrolluntersuch nur mehr einige wenige kümmerliche Triebe, die nach kurzer Zeit ebenfalls absterben. Gegenüber der Versuchspflanze 3 unterscheidet sich der vorliegende Fall insofern als das Absterben sich viel rascher vollzieht.

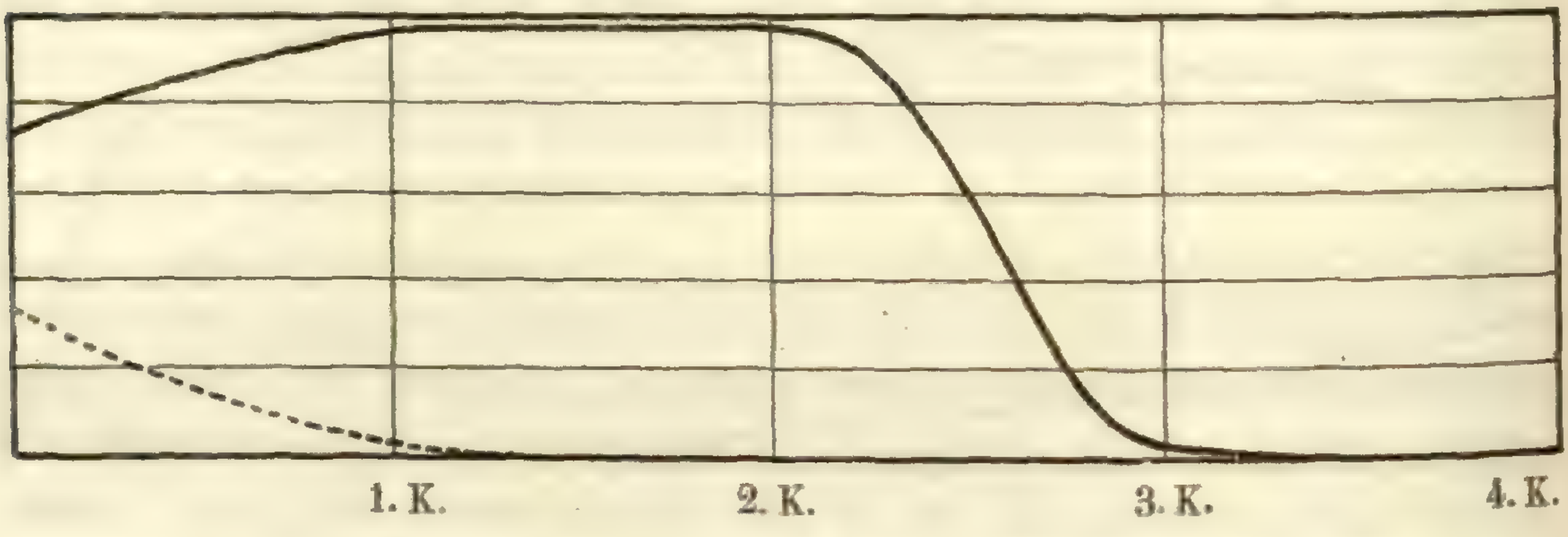
Mit diesen äusseren Erscheinungen stimmen nun auch die Resultate der mikroskopischen Untersuchungen in bezug auf die beiden tierischen Bewohner in gewissem Sinne überein. Die Nematoden nehmen mit Beginn des Experimentes rasch zu, um schon bei der ersten und zweiten Kontrolle das Maximum zu erreichen. Dann aber

tritt ein rascher Abbau ein und führt mit dem Absterben der Pflanze zum völligen Verschwinden. Die Enchytraeiden sind schon bei der ersten Kontrolle sozusagen verschwunden und sind nachher nirgends mehr aufzufinden.

Aus der obigen Kurve ist ersichtlich, dass die Nematoden sofort in maximaler Stärke auftreten und erst mit dem Absterben der Pflanze nach dem zweiten Kontrolluntersuch senkt sich die Kurve unvermittelt bis auf die Null-Linie. Die Enchytraeidenkurve ist nur in der ersten Hälfte sichtbar.

Die Kurven 3 und 4 besitzen keinen Kreuzungspunkt, d. h. sie treffen erst am Ende des Versuches auf der Null-Linie zusammen. Es geht aus ihrem Verlaufe hervor, dass die beiden Tierformen in ungleicher Stärke vorhanden sind und zwar derart, dass die Enchytraeiden nicht zur Geltnng kommen.

Die Frage, ob die beiden tierischen Bewohner der Erdbeerpflanze in irgend einer biologischen Beziehung stehen, darf nach der obigen Darstellung bejaht werden und zwar schon auf Grund der verschiedenen Stärkeverhältnisse bei den einzelnen Versuchspflanzen. Das gegenseitige Verhältnis ist, soweit die dargestellten Versuche es überblicken lassen, derart, dass die Nematoden, die immer dort zahlenmässig überwiegen, wo die Wirtspflanze krankt, als primäre Krankheitserreger zu bezeichnen sind. Die Enchytraeiden hingegen finden sich in ihrer maximalen Ausdehnung mehr an der gesunden Pflanze, d. h. in den beiden ersten Fällen, wo der Wirtspflanze günstige äussere Bedingungen geschaffen werden, gelingt es den Oligochaeten sich auszudehnen, womit in jedem Fall Hand in Hand eine Abnahme der Nematoden zu konstatieren ist. In den Versuchen 3 und 4 hingegen, wo die Grundlagen für eine gesunde Entwicklung der Pflanze nicht gegeben sind, da findet auch Enchytraeus keine vorteilhaften Existenzbedingungen, sodass er mit dem Siechtum der Pflanze dieselbe verlässt. Sobald aber die Enchytraeiden im Rückgang begriffen sind, schnellt auch die Ausbreitung der Nema-



toden vorwärts und sie beschleunigen dadurch das Absterben der Wirtspflanze.

Aus diesen mehr äussern Erscheinungen muss wie schon angedeutet geschlossen werden, dass zwischen den beiden Bewohnern der kranken Erdbeerpflanze eine biologische Beziehung besteht und zwar derart, dass die Enchytraeiden hemmend in die Ausbreitung der Nematoden eingreifen.

Wir kommen nunmehr zur Beantwortung der zweiten Frage

2. Welcher Art sind die wahrgenommenen Beziehungen?

Die Beantwortung dieser Frage kann sich aus den obigen Versuchen nicht ergeben, vielmehr ist es notwendig, dass die beiden Tierformen in ihren natürlichen Aufenthaltsorten aufgesucht und beobachtet werden. Diese mikroskopischen Untersuchungen wurden gleichzeitig mit den oben dargestellten durchgeführt.

Vorausgeschickt muss werden, dass es sich in unserem Fall bei den Nematoden hauptsächlich um *Aphelenchus ormeroides* handelt, jenen Pflanzenparasiten, der durch Ritzema-Bos an den Erdbeerstöcken einer englischen Pflanzung zum ersten Mal gefunden und beschrieben wurde. Da ich die mir übermittelten Pflanzen schon im Februar und März zur Untersuchung erhielt, so konnte ich die Symptome der Krankheit an Blüten und Früchten damals nicht wahrnehmen. Hingegen stimmte das Aussehen der befallenen Stengel und Blätter vollständig mit den von Ritzema-Bos beschriebenen Fällen überein. Die befallenen Stengelteile sind dick und zeigen ein weisslich oder hellgraues Aussehen. Die Blätter verfärben sich teilweise auch und bleiben im Wachstum zurück, sodass sie oft einen kümmerlichen Anblick gewähren. Der genannte Autor bemerkt in seiner Arbeit über den Aufenthaltsort von *A. ormeroides*, dass dieser Parasit im Gegensatz zu *A. fragariae* nur zwischen den Blattscheiden und dem Stengel anzutreffen sei. In bezug auf diesen erwähnten Punkt muss ich die Ausführungen des Autors nach einer Richtung hin etwas erweitern. Meine Beobachtungen gehen nämlich dahin, dass *A. ormeroides* bei geringern Infektionen hauptsächlich sich zwischen Blattscheiden und Stengel aufhält. Sobald die Bevölkerung aber eine gewisse Dichte erreicht hat, dringen die genannten Älchen auch in die Gewebe unmittelbar unter der Epidermis ein.

Um nun zur Beantwortung der vorliegenden Frage überzugehen, ist es notwendig auf gewisse Erscheinungen in der Entwicklung der Enchytraeiden einzugehen. Es hat sich nämlich gezeigt, dass

die verschiedenen Lebensalter des Individuums sich in biologischer Beziehung verschieden verhalten.

a) Die erwachsene, geschlechtsreife Form.

In diesem Lebensabschnitt halten sich die beobachteten Enchytraeiden ausnahmslos zwischen und an den feinen Wurzeln der Pflanze auf.

Es wird nun namentlich an der Zuckerrübe nachgewiesen, dass die Enchytraeiden zu den gefährlichen Parasiten zu zählen sind, indem sie die zarten Gewebe der Nebenwurzeln anstechen und ihnen Saft entziehen. So hat Stoklasa durch eingehende Vegetationsversuche nachgewiesen, dass die genannten Parasiten imstande sind, dem Zuckerrübensamen und besonders auch den zarten Keimlingen äusserst gefährlich zu werden. Die Würmer sollen mit ihrem Mundstachel (?) die Epidermis der betreffenden Pflanzenteile verwunden und sich direkt an diese Stellen ansaugen. Abgesehen von dem Irrtum über einen Munstachel zu sprechen, ist es durch die erwähnten Vegetationsversuche wohl feststehend, dass die Parasiten der Pflanze Nährstoffe entziehen, wodurch eine Schädigung unmittelbar eintritt. Ausserdem wird indirekt durch die Verwundung zarter Wurzeln ein Nachteil für die Pflanze erwachsen, sei es, dass das betreffende Organ in seiner Funktion gestört wird oder durch die Verwundung abnorme Bildungen entstehen. Es war mir aber niemals möglich an den Erdbeerpflanzen derartige Vorgänge, hervorgerufen durch die erwachsenen Enchytraeiden, zu beobachten. Es zeigte sich nämlich, dass die geschlechtsreifen Würmer mehr in der Erde zwischen dem Wurzelwerk leben und hier ausschliesslich dem Fortpflanzungsgeschäft obliegen. Es macht den Eindruck, als ob die Tiere in diesem Lebensstadium keiner Nahrung bedürfen, oder dann solche der umgebenden Erde entnehmen. Letzteres wird wahrscheinlich gemacht durch die Untersuchung des Darminhaltes, der in dieser Zeit ausschliesslich aus erdigen Bestandteilen besteht. In wie weit nun diese aufgenommene Erde imstande ist, dem Organismus ernährende Stoffe abzugeben, muss noch dahingestellt bleiben. Nach Beendigung des Fortpflanzungsgeschäftes gehen die Muttertiere, soweit meine derzeitigen Beobachtungen ein Urteil erlauben, rasch ein. An eine für die Pflanze schädliche Tätigkeit auf dieser Lebensstufe kann ich deshalb nicht glauben.

b) Das Jugendstadium.

Ganz anders verhalten sich in biologischer Hinsicht die Enchytraeiden nun aber in ihrer Jugend. Sie besitzen in diesem Lebens-

alter einen fadenförmigen, äusserst beweglichen und schmiegsamen Körper, der ihnen gestattet, in engen Räumen ihre Nahrung aufzusuchen. Es ist somit nicht als auffällig zu bezeichnen, wenn wir sie im Gewebe der Wirtspflanze selbst antreffen. Bei der Kontrolle in bezug auf den Fortschritt, der durch die Nematoden hervorgerufenen Krankheit konnte ich häufig beobachten, dass die jungen Enchytraeiden unter der Epidermis im Stengelgewebe sich vorfanden und dort sich suchend und tastend hin und her bewegten. Dabei ist es von Wichtigkeit zu erfahren, dass gerade jene Stellen von Enchytraeiden aufgesucht wurden, die mit den Nematoden besetzt waren. Somit erwies sich als beliebter Aufenthaltsort dieser Lebensstadien auch der Raum zwischen Stengelscheiden und Stengel.

Es ist im Benehmen der jungen Enchytraeiden zu demjenigen der geschlechtsreifen Form ein augenfälliger Unterschied zu konstatieren. Während letztere fast bewegungslos, öfters leicht eingerollt am gleichen Platz verharren, tasten die jungen Würmer, sich überallhin schlängelnd, einen bedeutenden Umkreis ab. Es macht entschieden den Eindruck, als ob es sich hier um das Suchen von Nahrung handle, und da das Tier sich z. T. direkt im oberflächlichen Pflanzengewebe aufhält, so sollte man annehmen, dass eine solche ausgiebige Bewegung zum Zwecke der Nahrungsaufnahme gar nicht erforderlich ist, weil der Organismus ja allseitig von den Pflanzensäften umgeben ist. Es dürften also offenbar als Nahrung dieser jungen Lebewesen nicht ausschliesslich Pflanzensäfte zur Verwendung gelangen. Für die Entscheidung der Frage ist nun der Umstand wichtig, dass die jungen Enchytraeiden sich geradezu dorthin begeben, wo die Nematoden sich aufhalten, und da dies nach den angestellten Untersuchungen nicht bloss Zufall sein kann, so drängt sich der Gedanke an die tierische Nahrung der jungen Enchytraeiden auf.

Die hier niedergelegten Folgerungen, die sich aus den vorgenommenen Versuchen ergeben haben, müssen noch durch Heranziehung weiterer Fälle von gemeinsamem Auftreten auf einer Pflanze ausgebaut werden; denn es hält schwer, durch unmittelbare Beobachtung die Vertilgung der Nematoden durch die Enchytraeiden festzustellen. Anderseits aber wird diese Annahme noch durch einen weitern Umstand unterstützt.

Sobald nämlich sich unter den Nematoden die jungen Enchytraeiden zahlreich eingefunden haben, beginnen die erstern abzusterben. Ihr Körper löst sich in eine schleimige Masse, welche von den Enchytraeiden aufgesucht wird, auf. Es scheint also, als ob die Oligochaeten durch Absonderung irgend eines Drüsensekretes, die Nematoden zur

Auflösung zu bringen vermögen. Es würde also der Körper der Älchen in diejenige Form übergeführt, in welcher er von den Enchytraeiden bequem aufgenommen und verdaut werden kann. Die anatomischen Voraussetzungen im Baue des Enchytraeidenkörpers sind dazu insofern vorhanden, als sich im Vorderkörper relativ grosse Drüsenkomplexe, die in den Bulbus oesophagi münden, vorfinden. (Siehe im Abschnitt über Anatomie.)

Damit können wir die biologischen Beziehungen der beiden die Erdbeerpflanze bewohnenden Tiere folgendermassen zusammenfassen:

Die Enchytraeiden und die Nematoden *(Aphelenchus ormeroides* und *Tylenchus der.)* schliessen sich in ihrer Ausbreitung bei der Erdbeerpflanze in der Weise aus, dass bei starkem Auftreten der Enchytraeiden die Älchen zum Verschwinden gebracht werden. Sehr wahrscheinlich bringen die Enchytraeiden die Nematoden durch Absonderung eines Drüsensekretes zum Absterben, wobei ihr Körper in eine schleimige Masse aufgelöst wird, die anscheinend von den Enchytraeiden zur Ernährung aufgenommen wird.

Die 3. Frage, die wir uns am Eingange der Ausführungen gestellt haben

3. Welcher von den beiden Schmarotzern bildet die Ursache **zur Krankheit der Wirtspflanze?**

ist nun durch die obige Darstellung eindeutig bestimmt, und zwar dahin, dass wir mit Sicherheit die Nematoden für die pathologischen Erscheinungen an der Erdbeerpflanze verantwortlich machen müssen. Die Enchytraeiden sind in diesem Falle nicht nur nicht schädlich, sondern bewirken bei ihrer Verbreitung unter gewissen Umständen geradezu die Wiederherstellung der Pflanze.

Unter Berücksichtigung der hier entwickelten Gesichtspunkte muss bei der Bekämpfung der von den Nematoden erzeugten Erkrankung der Erdbeerstöcke Rücksicht genommen werden auf die nahen biologischen Beziehungen der beiden Lebewesen, wenn wir nicht geradezu Gefahr laufen wollen, die primäre Krankheitsursache zur vollen Entwicklung zu bringen.

Die angestellten Versuche zeigen uns in dieser Beziehung deutlich, dass von einer Anwendung des Ätzkalkes abzusehen ist, da durch diesen Eingriff gerade die Enchytraeiden in ihrer Entwicklung gehemmt werden, und dieser Umstand hat dann zur Folge, dass die krankheiterzeugenden Älchen zu ihrer maximalen Ausbreitung gelangen, was das gänzliche Absterben der Pflanze bewirkt. Anderseits aber geht

aus den Versuchen hervor, dass durch die Begünstigung der Lebensbedingungen für die Enchytraeiden die Nematoden in ihrer Entwicklung gehemmt werden. Es muss bei der Bekämpfung des Krankheiterregers daher der Weg eingeschlagen werden, der zur möglichst raschen Entwicklung der Oligochaeten führt, und das kann in bestimmten Grenzen geschehen:

a) durch reichliches Feuchthalten der Pflanzen,

b) durch eine gute Durchlüftung.

Damit glaube ich die Beziehungen zwischen den Enchytraeiden und Nematoden im engbegrenzten Raume dargestellt zu haben, soweit die zur Beobachtung gelangten Erscheinungen es gestatten.

II. Beobachtungen an Amaryllis-Knollen.

Angeregt durch die oben dargestellten Untersuchungen, war ich bestrebt, die Enchytraeiden in ihrer eigentlichen Tätigkeit auch auf andern Pflanzen zu beobachten. Eine günstige Gelegenheit dazu bot sich mir bei Amaryllis-Knollen. Dieselben wurden mir von Herrn H. Schmid aus dem Garten der Versuchsanstalt Wädenswil zur Untersuchung überwiesen. Die untern Stengelteile und die Knollen der genannten Pflanzen waren von zahlreichen Bohrgängen ausgehöhlt. Zugleich zeigte es sich, dass jede Knolle an der tiefsten Stelle eine Ausgangsöffnung aufwies. Hier war also der Schädling ausgetreten, offenbar zum Zwecke der Verwandlung in der Erde. Die Knollen beherbergten den Urheber der Beschädigungen in keinem Fall mehr. Trotzdem darf mit Sicherheit angenommen werden, dass es sich um die Larve von *Hylemyia antiqua* handelt.

Nun war das Innere der Zwiebel zum Teil angefüllt von den Überresten der ausgewanderten Fliegenmaden, und anderseits waren einzelne Partien in Fäulnis übergegangen. Zugleich liess sich schon mit unbewaffnetem Auge feststellen, dass massenhaft Enchytraeiden in der Höhlung lebten. Sie sind sehr wahrscheinlich durch die Öffnung, durch die der Schädling die Knolle verlassen hat, eingewandert. Die derart bewohnten Knollen wurden nun unter günstigen Bedingungen aufbewahrt, so dass es mir gelang, für die in der Folgezeit eingeleiteten Infektionsexperimente immer reichlich Material zur Verfügung zu haben. Die Untersuchung und Beobachtung des genannten Materials zeigt uns zweierlei:

1. Ganz in Fäulnis übergegangene Gewebe werden von den Enchytraeiden verlassen.

2. Die von den Enchytraeiden zahlreich bewohnten Gewebepartien werden sehr rasch in Zersetzung übergeführt.

Diese Tatsachen sind nun unter Berücksichtigung der oben ausgeführten Beobachtungen zur Beurteilung der Tätigkeit der Enchytraeiden im Erdreich von Bedeutung, denn es geht daraus hervor, dass

a) die Enchytraeiden erst an schon beschädigte pflanzliche Gewebe herantreten,

b) sie diese dem Zerfall geweihten Stoffe rasch in Zersetzung überführen, d. h. eine der Ursachen dazu bilden.

Diese an einer zweiten Pflanze gemachten Beobachtungen stimmen mit denjenigen des vorausgegangenen Abschnittes überein. Dort sehen wir wie die Enchytraeiden in Gesellschaft mit den Nematoden die gleiche Pflanze bewohnen. In pflanzlichen Geweben, die frei von Nematoden sind, lassen sich auch niemals Enchytraeiden feststellen. Es ist klar, dass erst die Tätigkeit der Älchen die notwendigen Lebensbedingungen für die Enchytraeiden geschaffen hat, ebenso wie im zweiten Fall die Existenz der Enchytraeiden durch die Fliegenmaden ermöglicht wurde.

Beide Erscheinungen zeigen uns mit aller Klarheit, dass die Enchytraeiden in ihrer Ausbreitung, d. h. in der Erfüllung ihrer Lebensaufgaben an andere Lebewesen gebunden sind; Lebewesen, die ihnen durch ihre Tätigkeit erst die günstigen Bedingungen schaffen müssen. Wenn das aber einmal bis zu einem bestimmten Grade erfüllt ist, dann beginnt für die befallenen pflanzlichen Gewebe der rasche Zerfall.

Wenn wir nun in Betracht ziehen, in welchen gewaltigen Mengen die Enchytraeiden im Boden vorkommen, und zwar im Wiesboden, im Acker, im Obstgarten und im Gemüseland, so müssen wir die Folgen ihrer Lebenstätigkeit notwendigerweise höher einschätzen als dies bisher geschehen ist. Es darf mit andern Worten mit Sicherheit angenommen werden, dass die fraglichen Lebewesen bei der Umsetzung organischer Stoffe im Boden in bedeutendem Masse mitwirken. Es könnte nun aber die Frage aufgeworfen werden, ob die Enchytraeiden bei der Umsetzung pflanzlicher Stoffe nicht derart wirken, dass es für unsere Produktion an Kulturgewächsen schadet. Bei der Beantwortung dieser Frage ist besonders jener Umstand wichtig, wonach die Würmer in den skizzierten beiden Fällen nicht als primäre Urheber einer pflanzlichen Beschädigung aufzufassen sind, vielmehr muss diese durch ein anderes Lebewesen eingeleitet werden, und erst auf der geschaffenen Grundlage können die Enchytraeiden im angedeuteten Sinne wirken.

III. Infektions-Versuche.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit wurde auf Grund von Beobachtungen und Untersuchungen versucht, die Beziehungen der Enchytraeiden zu gewissen Nematoden klarzustellen, und hingeführt durch die gewonnenen Resultate, war es möglich, einen Blick hineinzuwerfen in jenen Komplex von Fragen, der sich dem Naturbeobachter überall da entgegenstellt, wenn er versucht, sich über die Wirkungen bestimmter Tierformen im freien Leben Rechenschaft zu geben, besonders dort, wo die menschlichen Produktionsgebiete tangiert werden.

Damit gewinnt das Problem der Erforschung der Wirkung tierischen Lebens in der Erde klare Gestalt; denn erst nach diesen dargestellten Beobachtungen und Untersuchungen ist die Berechtigung der Frage nach den biologischen Verhältnissen im Zusammenwirken zweier Lebewesen gesichert, und anderseits kann dadurch die Einwirkung jener Faktoren auf die Pflanzenwelt auch unter bedeutend erweitertem Gesichtswinkel betrachtet werden.

Wir gelangen damit zur Darstellung jener, zum Zwecke des Ausbaues und der Vertiefung der oben gewonnenen Resultate künstlich eingeleiteten Infektions-Experimente. Zu diesem Zwecke wurden mit Nematoden stark besetzte Pflanzen in sterilisierte Erde, d. h. also Erde, die frei von jeglichem tierischen Leben war, verbracht, um dann nach Zusatz von bestimmten Mengen von Enchytraeiden, deren Wirkung auf die Nematoden sowohl als auch die Versuchspflanze genau zu untersuchen. Es treten also die beiden Fragen scharf hervor:

1. Welche Wirkungen üben die Enchytraeiden auf die vorhandenen Älchen aus?

2. Welche Rolle spielen die Enchytraeiden bei der Zersetzung von Pflanzenbestandteilen in der Erde?

Zur Erläuterung der hier in Frage stehenden Experimente ist zu bemerken, dass

a) eine grosse Zahl von mit Älchen behafteten Pflanzen zur Beobachtung und Untersuchung gelangten. (Sowohl Wiesen- als Gartenpflanzen),

b) in jedem Fall beim Beginne des Experimentes der Grad der Schädigung durch die Älchen festgesetzt wurde,

c) die Hälfte der Versuchspflanzen jeweilen mit den Enchytraeiden infiziert wurde, während die andere Hälfte als Kontrollpflanzen unbehandelt unter gleichen äussern Bedingungen belassen wurde. Die Versuchspflanzen wurden in Töpfen im Freien aufgestellt, d. h. also unter möglichst natürlichen Bedingungen gehalten,

d) die Beurteilung der Beschädigung wurde nach äussern Merkmalen in der Entwicklung der Pflanze vorgenommen.

Die Anordnung und Durchführung der einzelnen Versuche geht aus den nachfolgenden Tabellen hervor.

Die Infektion der Versuchspflanzen mit den Enchytraeiden wird derart bewerkstelligt, dass aus den Amaryllis-Knollen gleiche Mengen von Tieren in die betreffenden Versuchstöpfe übergeführt werden. Zudem muss betont werden, dass die zu den Versuchen verwendeten Pflanzen vor Einleitung des Experimentes genau auf das Vorhandensein von Enchytraeiden untersucht wurden.

Die Versuchszeit erstreckt sich über vier Wochen, innerhalb welcher Zeit in jedem Falle die Folgen der Infektion zum Ausdruck gelangten.

Die erste Tabelle stellt uns die Ergebnisse des ersten Infektions-Versuches dar. Es ist daraus zu ersehen, dass die zu infizierenden Pflanzen so gewählt wurden, dass sie beim Beginne des Versuches sowohl nach ihrem äussern Aussehen als auch in bezug auf die Zahl der anwesenden Älchen als genau gleich taxiert werden konnten.

Im Laufe der vierwöchentlichen Versuchszeit zeigt sich durchwegs das gleiche Bild. Die Pflanzen entwickeln sich normal, d. h. die am Anfange ihnen noch anhaftenden Krankheitssymptome verschwinden vollständig.

Was die Nematoden betrifft, so lässt sich zweifellos feststellen, dass sie von Woche zu Woche abnehmen, um in einem Zeitpunkte, wo die Versuchspflanze auch äusserlich ihre volle Gesundheit erlangt hat, zu verschwinden. Damit dürfte der Beweis erbracht sein, dass bei den vorliegenden Versuchspflanzen die Älchen die direkte Ursache der Krankheit bilden, denn erst mit der steten Abnahme der Nematoden tritt das normale Aussehen der Pflanze wieder ein.

Nun fragt es sich, durch welche Umstände die Älchen zum Verschwinden gebracht werden. Darüber geben uns die beiden Tabellen, einerseits diejenige der infizierten Pflanzen und anderseits diejenige der nichtinfizierten sichern Aufschluss.

Aus der ersten Tabelle lässt sich erkennen, dass die Nematoden im Momente, wo sich die Enchytraeiden an den Wurzeln und in den Oberflächengeweben der untern Stengelteile anzusiedeln beginnen, beständig im Rückgang begriffen sind. Dass diese Abnahme nur auf den Einfluss der Oligochaeten zurückzuführen ist, das beweisen uns die Beobachtungen und Untersuchungen an den nichtinfizierten Kontrollpflanzen. Letztere unter genau gleichen Bedingungen wie die erstern gehalten, liessen eine deutliche Zunahme der Krankheit er-

Versuchsreihe A.

1. Infektions-Versuch.

Befund vor der Infektion	Befund nach der Infektion			
	1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche
Die Zahl der vorhandenen Nematoden ist eine relativ kleine. Die äussern Krankheitserscheinungen kaum merklich. Die Pflanzen sind also durchwegs von gesundem Aussehen	Die Pflanzen gedeihen durchwegs normal	Die noch vorhandenen Krankheitsmerkmale verschwinden	Die Pflanzen erscheinen völlig gesund	Die Pflanzen sind gesund
	Die Nematoden sind zahlreicher geworden	Die Nematoden sind an der Zahl gleich geblieben	Die Nematoden nehmen ab	Die Nematoden sind fast ganz verschwunden
	Die Enchytraeiden beginnen sich vereinzelt an den Wurzeln zu zeigen	Die Enchytraeiden haben sich stark vermehrt	Die Enchytraeiden sind auch in die Wohnsitze der Älchen eingedrungen	Die Enchytraeiden haben stark zugenommen

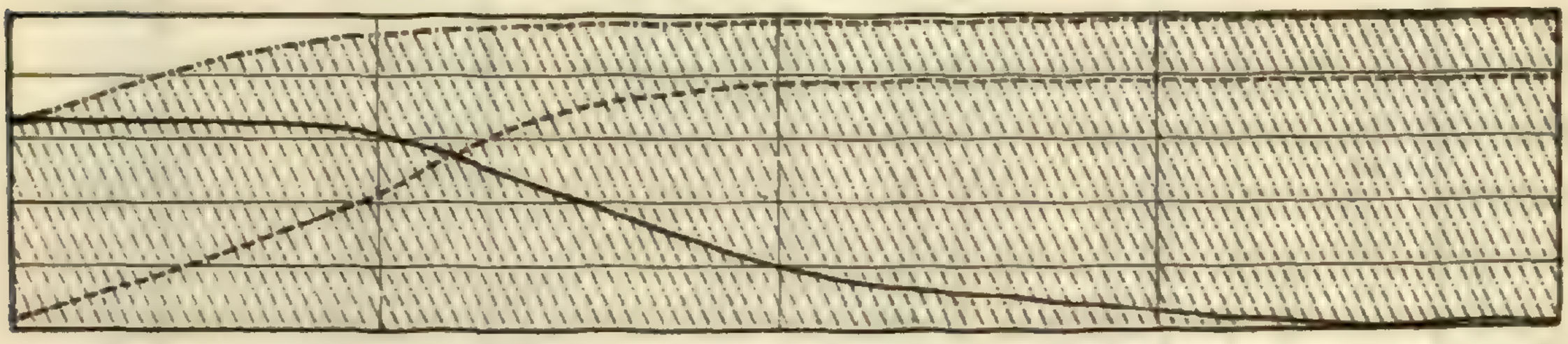
1. Kontroll-Versuch.

1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche
Die Pflanzen scheinen eher bleicher zu werden	Die Pflanze leiden sichtlich. Einzelne Blätter werden gelb.	Die Krankheit nimmt zusehends zu	8 Pflanzen sind eingegangen, während die 5 übrigen das gleiche Schicksal innerhalb kurzer Zeit teilen
Die Nematoden sind zahlreicher geworden	Die Nematoden nehmen stark zu.	Die Nematoden breiten sich immer auf neue Pflanzenteile aus	Die Nematoden verschwinden von den abgestorbenen Pflanzen, auf den andern befinden sie sich aber in maximaler Stärke

kennen, die nach Verlauf von vier Wochen in acht Fällen zum Absterben führt. Gleichzeitig zeigen die parallel verlaufenden mikroskopischen Untersuchungen, dass die Älchen beständig zunehmen und zweifellos die Krankheitserscheinungen der Wirtspflanze steigern.

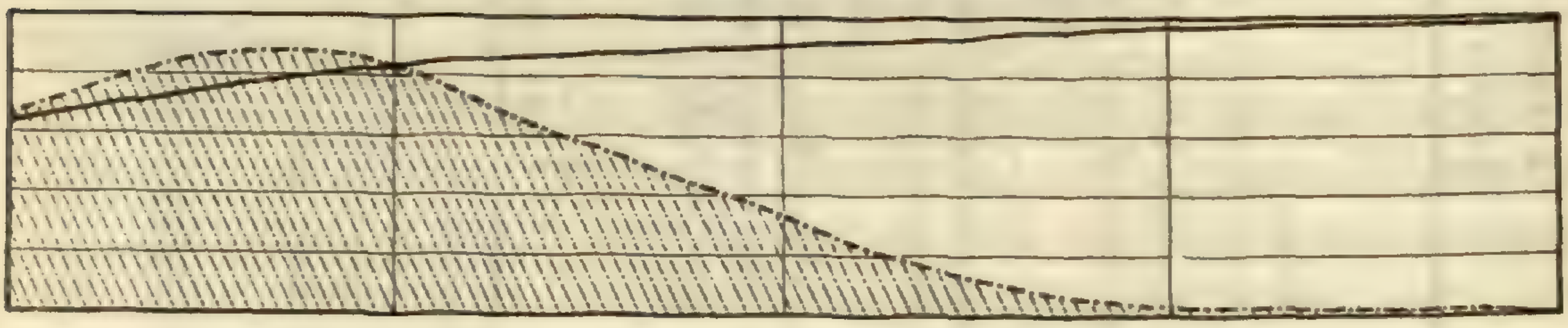
Wenn also einerseits mit zunehmender Älchenzahl die Versuchspflanzen dem Zerfall entgegengeführt werden, und anderseits durch eine Infektion mit Enchytraeiden die unter genau gleichen Bedingungen lebenden Pflanzen gesund werden und die die Krankheit verursachenden Nematoden zum Verschwinden gebracht werden, so kann die Erscheinung nur eine Erklärung zulassen, nämlich:

1. Infektions-Versuch.



1. W. 2. W. 3. W. 4. W.

1. Kontroll-Versuch.



1. W. 2. W. 3. W. 4. W.

Die krankheiterregenden Wurzel-Älchen werden durch Hinzutritt der Enchytraeiden vernichtet, sofern die Krankheit anfänglich nicht schon zu weit fortgeschritten ist. Mit der Ausschaltung der Nematoden ist auch die Krankheitsursache beseitigt.

Eine graphische Darstellung der Versuchsergebnisse, wie sie im Vorausgegangenen zur Verwendung gelangten, soll auch hier zur Veranschaulichung der gegenseitigen Beziehungen der beiden Tierformen ausgeführt werden. Zudem zeigt uns die gestrichelte Fläche, wie die Pflanzen sich während der Versuchszeit in ihrem Gedeihen verhalten.

Aus der ersten Darstellung (Infektions-Versuch) ersehen wir, dass die Nematoden sich anfänglich eine Woche lang ungefähr auf

der gleichen Höhe erhalten, um dann aber stark abzunehmen, bis sie schliesslich nach Verfluss von vier Wochen vollständig verschwunden sind. Die Enchytraeiden nehmen vom Zeitpunkte der Infektion beständig zu und verbleiben von der zweiten Woche an auf derselben Höhe. Die Versuchspflanzen befinden sich beim Beginne des Experimentes nicht in voller Gesundheit, erreichen diese aber sukzessive mit Abnahme der Älchen.

Bei der Auftragung der Kontroll-Versuche fällt die punktierte Linie der Enchytraeiden weg, da letztere nicht beigesetzt wurden und die Versuchspflanzen sie auch nicht enthielten. Die Älchen entwickeln sich im Laufe der vier Wochen zu maximaler Ausdehnung. Die Versuchspflanzen, die anfänglich zwar schon Spuren der Krankheit trugen, werden nach der ersten Woche stark in Mitleidenschaft gezogen, bis sie schliesslich vollständig absterben.

Es gelangen aus der Darstellung zwei Erscheinungen klar zum Ausdruck:

a) Die Nematoden und die Enchytraeiden schliessen sich in ihrer Ausbreitung auf den Versuchspflanzen bis zu einem gewissen Grade aus.

b) Die Krankheit der Versuchspflanzen wird durch die Älchen erzeugt.

Bei einer zweiten Gruppe von Pflanzen wird der Versuch eingeleitet, nachdem die äussern Krankheitserscheinungen schon deutlicher zutage treten. Die Versuchsergebnisse sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Der zweite Infektionsversuch setzt in einem Moment ein, wo die durch die Älchen verursachte Krankheit stärker hervortritt als im ersten Versuch. Dies setzt auch eine grössere Zahl von Nematoden im Wurzelgewebe voraus, was sich in jedem Fall bestätigt hat.

Der Verlauf des Versuches ist anfänglich ein ähnlicher wie im vorausgegangenen Fall. Dagegen macht sich in der dritten und vierten Woche eine Erscheinung bemerkbar, die dem Resultat des Versuches, wie es bis anhin festgestellt werden konnte, eine etwas andere Bedeutung zu geben scheint, d. h. das Ergebnis der bisherigen Versuche modifiziert. Statt, dass gegen Ende der Versuchszeit, wo die Enchytraeiden in ihrer maximalen Ausbreitung angelangt sind, während die Älchen am Schlusse verschwinden, die Pflanzen ihr normales Aussehen gewinnen, vermögen sie sich diesmal nicht mehr zur vollen Entwicklung aufzuschwingen. Also bleibt trotz der Beseitigung der Krankheitsursache die Krankheit in einem gewissen Grade bestehen,

Versuchsreihe B.

2. Infektions-Versuch.

Befund vor der Infektion	Befund nach der Infektion			
	1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche
Die Nematoden sind ziemlich stark vertreten Die äussern Krankheitserscheinungen deutlich sichtbar	Die Versuchspflanzen sind ungefähr gleich aussehend wie am Anf.	Die Versuchspflanzen scheinen sich etwas zu erholen	Die Versuchspflanzen gelangen noch nicht zur vollenEntwicklung	Die Versuchspflanzen sind eher kränklicher geworden
	Die Nematoden befinden sich noch annäh. in gleicher Zahl	Die Nematoden nehmen ab	Die Nematoden nehmen weiter ab	Die Nematoden sind verschwunden
	Die Enchytraeiden vermehren sich und treten nach und nach an die Wurzeln heran	Die Enchytraeiden nehmen zu und haben von den Wurzeln Besitz ergriffen	Die Enchytraeiden sind zu maximaler Stärke gelangt	Die Enchytraeiden sind in maximaler Stärke

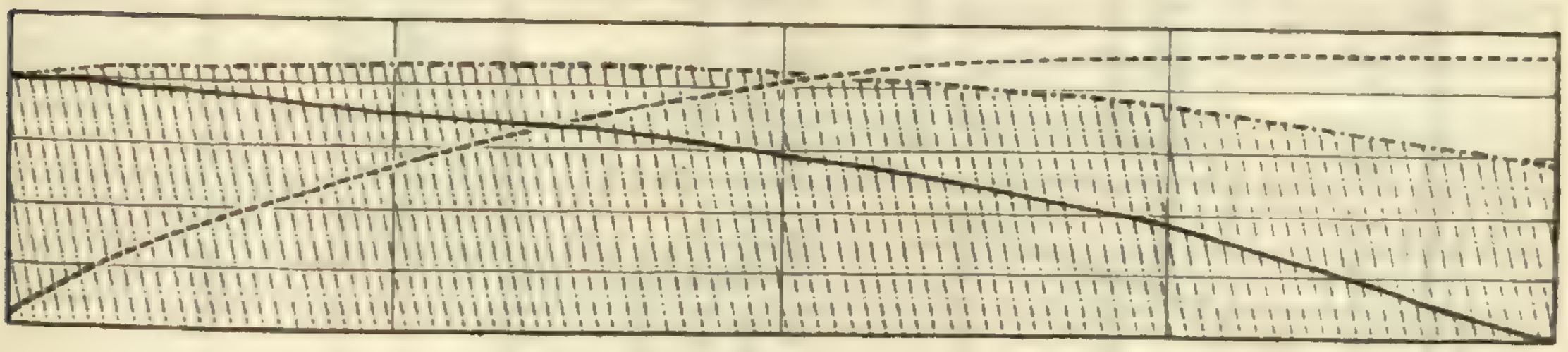
2. Kontroll-Versuch.

1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche
Die Krankheit der Pflanzen ist deutlich sichtbar	Die Versuchspflanzen werden schwächer	Die Versuchspflanzen beginnen zu welken	Die Versuchspflanzen sterben ab
Die Nematoden sind relativ stark vertreten	Die Zahl der Nematoden nimmt zu	Die Nematoden haben die maximale Ausdehnung erreicht	Die Nematoden wie in der dritten Woche

ja sie scheint am Ende des Experimentes wirksamer zu werden, um nach der sechsten Woche die Pflanzen zum Absterben zu bringen.

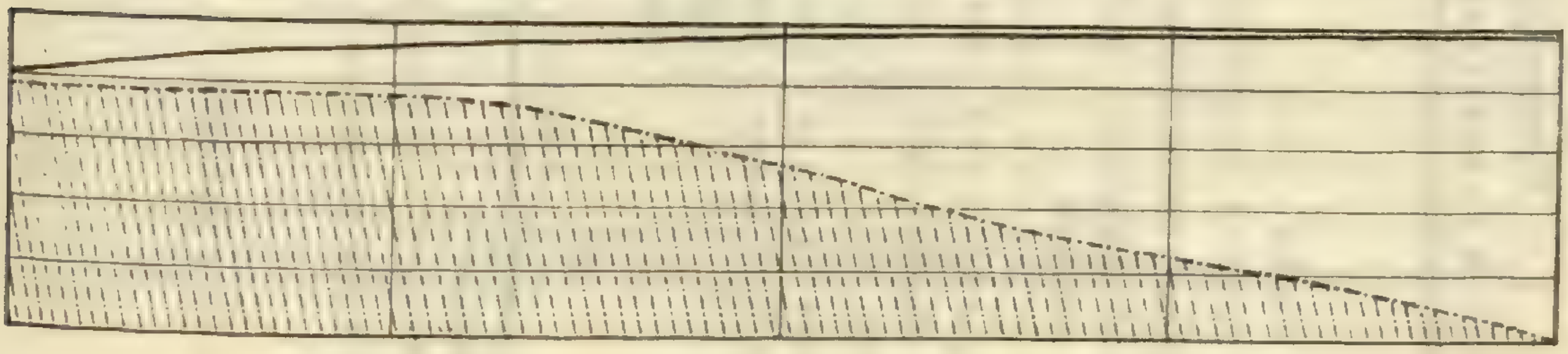
Bei einer genauern Untersuchung der Wurzeln der Versuchspflanzen ist klar zu erkennen, dass der Prozess der Wurzelbeschädigung gerade an der Grenze angelangt ist, wo eine Zersetzung durch die zugesetzten Enchytraeiden in ihren ersten Anfängen erkennbar wird. Somit treten in diesem Falle die Enchytraeiden nicht mehr als Schutz für die von den Älchen angegriffenen Pflanzen auf, sondern scheinen den vorhandenen Krankheitszustand in eine direkte Auflösung der Wurzeln durch Zersetzung anzubahnen. Dass die Deutung dieser

2. Infektions-Versuch.



1. W. 2. W. 3. W. 4. W.

2. Kontroll-Versuch.



1. W. 2. W. 3. W. 4. W.

Versuchsresultate eine richtige ist, werden uns diejenigen der dritten Gruppe zeigen.

Vorerst sollen aber noch die Ergebnisse der zweiten Reihe zur graphischen Darstellung gelangen.

Die Infektionskurven zeigen uns, dass die Krankheit beim Beginne des Experimentes stark hervortrat, und demgemäss auch zahlreiche Nematoden vorhanden waren. Trotz der Entwicklung der beigesetzten Enchytraeiden zu fast maximaler Ausbreitung vermögen sich die Pflanzen nicht mehr vollständig zu erholen, vielmehr beginnt die Krankheit von der zweiten Woche an eher zuzunehmen. Wenn wir nun aber die Kontrollkurve 2 betrachten, so gewahren wir, dass die Auflösung der Versuchspflanzen hier sich sehr viel rascher vollzieht, und wir können keinen andern Schluss ziehen als den, dass

Versuchsreihe C.

3. Infektions-Versuch.

Befund vor der Infektion	Befund nach der Infektion			
	1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche
Die Nematoden sind sehr stark vertreten Die Versuchspflanzen sind stark krank	Die Pflanzen zeigen das gleiche Aussehen wie am Anfange	Die Pflanzen gehen noch mehr zurück	Die Pflanzen sind dem Absterben nahe	Die Pflanzen sind abgestorben
	Die Nematoden sind noch in gleicher Zahl vorhanden	Die Nematoden nehmen ab	Die Nematoden sind fast verschwunden	Keine Nematoden mehr
	Die Enchytraeiden beginnen sich zu entwickeln	Die Enchytraeiden vermehren sich stark und sind an die Wurzeln herangetreten	Die Enchytraeiden sind sehr zahlreich vorhanden	Die Enchytraeiden beginnen die abgestorbenen Pflanzen in Zersetzung überzuführen

3. Kontroll-Versuch.

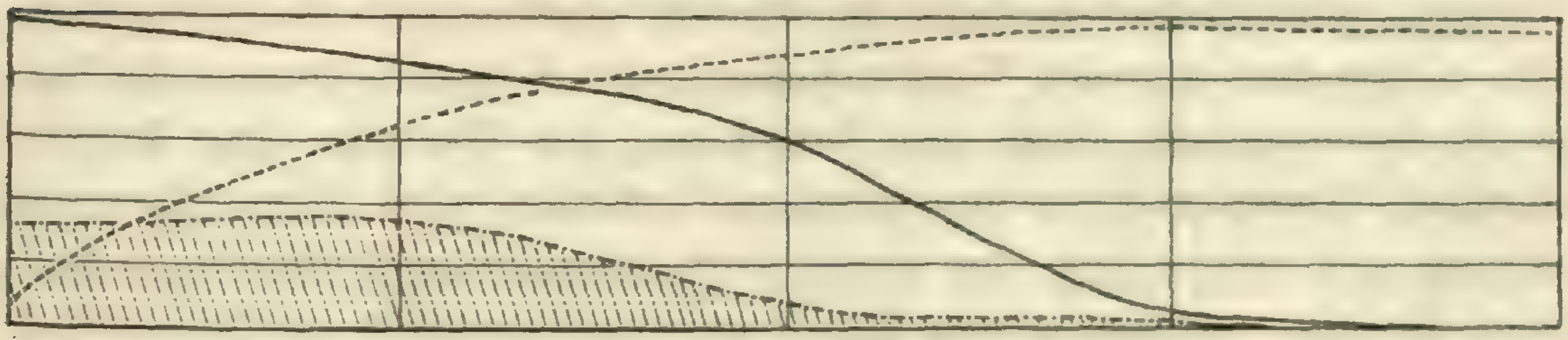
1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche
Die Pflanzen sind stark krank	Die Pflanzen sind dem Absterben nahe	Die Pflanzen sind dem Absterben nahe	Die Pflanzen sind abgestorben
Die Nematoden sind stark vertreten	Die Nematoden sehr zahlreich	Die Nematoden wandern aus	Keine Nematoden mehr

die Enchytraeiden bei den Infektionsversuchen das Absterben der Pflanzen durch ihre Einwirkung den Krankheitsurhebern (Nematoden) gegenüber verzögern, dass sie den beim Beginne des Versuches schon weit fortgeschrittenen Prozess aber nicht vollständig aufzuheben vermögen.

Die dritte Versuchsreihe gibt uns nun gerade in bezug auf die Bedeutung der Enchytraeiden, d. h. ihrer Tätigkeit im Boden wertvollen Aufschluss.

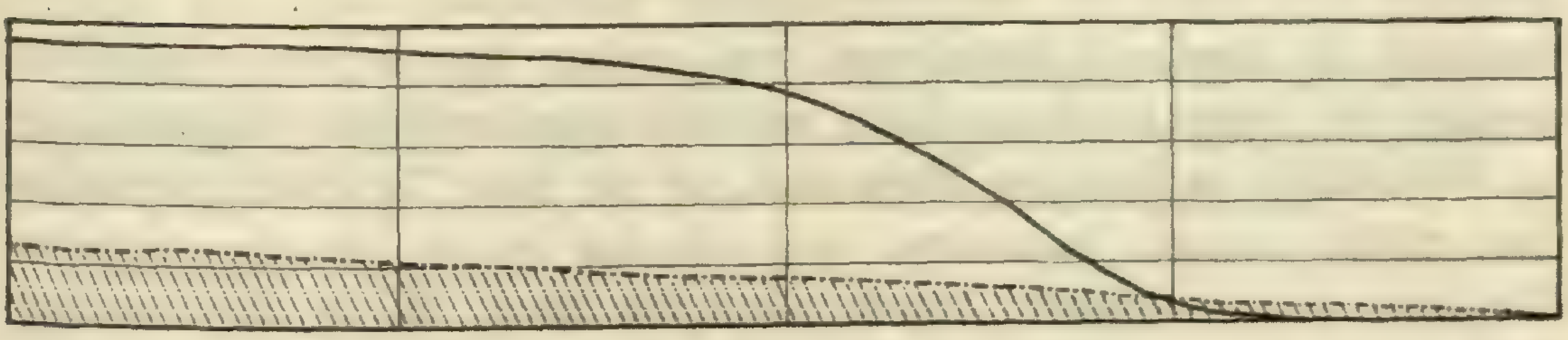
Die Versuchspflanzen sind beim Beginne des Experimentes stark krank und demnach mit einer erheblichen Zahl von Älchen besetzt.

3. Infektions-Versuch.



1. W. 2. W. 3. W. 4. W.

3. Kontroll-Versuch.



1. W. 2. W. 3. W. 4. W.

Nach dem Einsetzen von Enchytraeiden nehmen wir wahr, dass sie wie in den vorigen Fällen abnehmen und schliesslich ganz verschwinden. Demgegenüber nehmen die Enchytraeiden in der ersten und zweiten Woche stark zu, so dass sie schon in der dritten Woche ihre maximale Ausdehnung erreicht haben.

Die Pflanzen behalten ihr krankhaftes Aussehen nun nicht lange auf derselben Höhe. Statt dass sie sich aber erholen, sterben sie im Verlaufe des Versuches ab.

Es wurde schon bei der Diskussion der zweiten Versuchsreihe auf diesen Umstand aufmerksam gemacht, trotzdem die Erscheinung dort lange nicht so sichtbar wurde. Hier beschleunigen die Enchytraeiden das Absterben der Pflanze direkt; denn während bei den unter gleichen Verhältnissen lebenden Kontrollpflanzen sich deren Aussehen bis zur vierten Woche gleichmässig auf einer gewissen

Höhe hält, sterben die Pflanzen bei den Infektionsversuchen schon in der dritten Woche ab.

Eine Untersuchung der Wurzeln ergibt dann auch eine Erklärung zur oben dargestellten Erscheinung. Bei den Kontrollpflanzen sind die Wurzeln wohl stark beschädigt, und zwar durch die grosse Zahl von Nematoden, die in ihren Geweben leben; eine sichtbare Zersetzung macht sich aber noch nicht geltend. Ein ganz anderes Bild bieten die Wurzeln der infizierten Pflanzen. Sie sind in ausgedehntem Masse direkt in Fäulnis übergegangen, wobei sich ein überaus reges Leben entwickelt, indem neben den Enchytraeiden eine ganze Welt von Mikroorganismen auftritt, die selbstverständlich an der Überführung pflanzlicher Gewebe in Humus einen regen Anteil nimmt. Als sicher darf aus den Vergleichen mit den Kontrollpflanzen die Tatsache hervorgehen, dass eine Zersetzung der Wurzeln ohne Zweifel durch die Enchytraeiden eingeleitet und befördert wird. Dieses Resultat stimmt mit demjenigen der ersten Versuchsreihe auch überein, sobald man die hier erörterten neu hinzutretenden Umstände berücksichtigt.

Es bleibt nach dem Gesagten kein Zweifel mehr daran bestehen, dass die Enchytraeiden für die Umarbeitung organischer Stoffe im Erdreich von nicht zu unterschätzender Bedeutung sind. Sie spielen demnach in gewisser Beziehung, was später des nähern ausgeführt werden soll, eine ähnliche Rolle wie die Regenwürmer. Obgleich sie im Verhältnis zu letztern klein sind, so ist ihre Tätigkeit zweifellos eine nicht weniger intensive, weil sie das Minus, das ihre relative Kleinheit an geleisteter Arbeit erwarten lässt, durch ihre enorme Zahl, in der sie im Boden auftreten, vollauf ersetzen.

Eine, namentlich für den Phytopathologen, wichtige Frage ist: Müssen die Enchytraeiden als Pflanzenschädlinge betrachtet werden. Ganz einfach ist nun die Beantwortung der gestellten Frage nicht, um so mehr als von Vaňha und Stocklasa festgestellt wurde, dass an Rüben durch die genannten Oligochaeten erheblicher Schaden verursacht wurde. Es ist dies allerdings der einzige Fall, den ich in der Literatur finde, wonach also die Enchytraeiden z. T. zu den Schädlingen zu zählen wären.

Ohne hier die bezüglichen Untersuchungen der genannten Autoren in irgend einer Weise in Zweifel ziehen zu wollen, muss ich auf einen Umstand aufmerksam machen, der in der Beurteilung der Rolle, die die Enchytraeiden als Pflanzenschädlinge spielen, von grösserer Tragweite ist. In allen hier zur Darstellung gelangten Versuchen nehmen wir wahr, dass als primäre Krankheitsurheber andere Lebewesen auftreten (Nematoden, Larven von *Hylemyia antiqua*). Sekundär ge-

sellen sich zu ihnen die Enchytraeiden. Diese sekundäre Einwanderung von einem zweiten Organismus an den kranken Pflanzenteil zieht nach zwei Richtungen hin grössere Veränderungen nach sich, nämlich:

1. In bezug auf das Gedeihen der Wirtspflanze.
2. In bezug auf die Älchen als primäre Krankheitserreger.

Was Punkt 1 betrifft, so lassen sich deutlich zwei Einwirkungsrichtungen erkennen, indem in allen jenen Fällen, wo die Krankheit der Wirtspflanze eine gewisse Grenze noch nicht überschritten hat, die Älchenkrankheit mit der Einwanderung und Entwicklung der Enchytraeiden abnimmt und schliesslich ganz erlöscht. Es wurde dargetan, dass diese Erscheinung zweifellos der Einwirkung der Enchytraeiden zuzuschreiben ist, indem sie die Nematoden höchst wahrscheinlich durch Absonderung eines Drüsensekretes zum Absterben bringen.

Dort aber, wo die Wurzeln und untern Stengelteile der Wirtspflanze durch die Eingriffe der Älchen schon stark gelitten haben, können durch Hinzutritt wohl die Urheber der Krankheit vernichtet werden, den Verlauf der Krankheit vermögen sie aber nicht mehr zu ändern, vielmehr treten sie in diesen Fällen derart in Erscheinung, dass sie eine Zersetzung und Auflösung der befallenen Pflanzenteile einleiten.

Nun wäre es ganz wohl möglich, dass in den von Vaňha und Stocklasa angeführten Fällen ähnliche Verhältnisse vorgelegen haben, wie sie in der vorliegenden Arbeit zur Darstellung gelangen.

Auf Grund meiner Beobachtungen und Untersuchungsresultate glaube ich nicht fehlzugehen, dass gewisse Enchytraeiden als bedingt pathologisch bezeichnet werden müssen in der Weise, dass festgestellt wird:

a) Die zur Untersuchung gelangten Enchytraeiden können direkt als Feinde gewisser Nematoden bezeichnet werden. Sie sind imstande, Pflanzen, die eine bestimmte Grenze der durch die Älchen verursachten Krankheit noch nicht überschritten haben, wieder zur vollen Gesundheit zurückzuführen.

b) Die Enchytraeiden wirken aber auf alle Pflanzenteile, die schon in erheblichem Masse durch die Nematoden geschädigt sind, zersetzend und beschleunigen so den von den Älchen eingeleiteten Prozess.

Zu den im obigen dargestellten Beobachtungen und Untersuchungen gelangt nun noch ein weiterer Fall zur Besprechung, der sich aus einer Einsendung kranker Kartoffelstauden ergibt.

IV. Die Enchytraeiden an Kartoffelpflanzen.

Dass die Lebenserscheinungen einer Tiergruppe und namentlich deren Einwirkung auf eine engere und weitere Umgebung aus vielen Einzelgliedern bestehen, die gleichsam wie die Ringe einer Kette ineinandergreifen, zeigen uns verschiedene ins Einzelne beobachtete Tierleben. Das eine ergibt sich als Folge des Vorhergehenden, und so schreitet das tierische Leben an den menschlichen Begriffen der Nützlichkeit und Schädlichkeit achtlos vorüber. Diese Begriffe sind also nur relativ.

Auch die hier in Frage stehende Gruppe der Oligochaeten hat in dieser Beziehung für den Menschen zwei diametral wirkende Lebenserscheinungen. Ein Teil der durch ihre Lebensprozesse hervorgerufenen Wirkungen ist unsern Lebensbedürfnissen günstig, ein anderer Teil aber scheint weniger günstig zu wirken. Es wurde schon bemerkt, dass die Enchytraeiden imstande sind, an Rüben bedeutende Schädigungen hervorzurufen, und zwar ist ausgeführt, dass wir zweifellos berechtigt sind, die Enchytraeiden in den meisten ähnlichen Fällen als sekundär hinzutretende Schädiger aufzufassen. Die primäre Schädigung der Pflanze muss durch andere Einflüsse schon eingeleitet sein.

Eine in bezug auf die erwähnten Fragen wichtige Bestätigung der oben ausgeführten Ansicht ergab sich aus einer Untersuchseinsendung vom Juli 1918. Es handelt sich, wie schon bemerkt, um Kartoffelpflanzen. Die Krankheit äussert sich zunächst im Zurückbleiben der Stauden. Dann werden die Blätter bleich, und sie verfärben sich nach und nach, so dass die ganze Pflanze schliesslich ein welkes Aussehen erhält.

Eine Untersuchung auf Blattparasiten blieb erfolglos. Ebenso konnte an den Knollen keine jene Erscheinung bedingende Beschädigung wahrgenommen werden. Sobald man aber das Wurzelsystem genauer prüfte, konnte festgestellt werden, dass

1. in der Erde zwischen und an den feinen Wurzeln sich massenhaft Enchytraeiden befanden,

2. Teile des Wurzelsystems durch Fäulnis zerstört waren.

Es ist nun sehr wichtig zu erfahren, dass gerade im Bereiche jener angegriffenen Stellen die Enchytraeiden am zahlreichsten auftraten und unter Berücksichtigung der andern Versuchsergebnisse ist kaum daran zu zweifeln, dass die Enchytraeiden in diesen Fällen den Zersetzungsprozess eingeleitet haben. Damit darf aber nicht gesagt werden, dass sie die primäre Krankheitsursache darstellen. Die Untersuchung hat nämlich auch im vorliegenden Fall gezeigt, dass Wurzelbeschädigungen von andern Lebewesen (Larven von Elate-

riden) in ausgedehntem Masse stattfanden. Man beobachtet, dass die besagten Larven sich häufig zwischen den Wurzeln der Kartoffeln aufhalten, um dort die saftigen Pflanzenteile anzugreifen. Freilich begnügt sich der Schädling schliesslich damit nicht mehr, sondern dringt in die Kartoffelknollen ein und fügt der ersten Beschädigung noch eine zweite ebenso wichtige bei.

So sehen wir denn, dass auch dieser zweite zur direkten Beobachtung gelangte Fall in den oben dargestellten Erscheinungskomplex sich einfügt.

Ebenso interessant und für bestimmte Erscheinungen des Tierlebens in der Erde wichtig ist es, wenn wir erfahren, dass im Wurzelsystem der untersuchten Kartoffeln zahlreiche Nematoden anzutreffen sind. Dabei kann festgestellt werden, dass es sich hauptsächlich um *Dorylaimus intermedius* handelt. Es könnte auch hier auf ein gewisses gegenseitiges Verhältnis der Enchytraeiden und Nematoden geschlossen werden, indessen konnte die Art des Zusammenlebens experimentel nicht verfolgt werden, und es muss einstweilen noch dahingestellt bleiben, ob Dorylaimus ebenso wie Enchytraeus nur als sekundärer Parasit aufzufassen ist, oder ob die erstere Form ähnlich wie bei Aphelenchus und Tylenchus die primäre Krankheitsursache bildet und ob durch die Einwirkung der Enchytraeiden auch jener Schmarotzer vernichtet, resp. zur Auswanderung gezwungen wird.

Nach den Untersuchungen von Vaňha und Stocklasa zu urteilen, müssten die Dorylaimen allerdings als primäre Krankheitserreger zu betrachten sein. Da es mir nicht möglich war, durch eigene Untersuchungen in bezug auf die vorliegende Frage Klarheit zu erlangen, so muss ich es dahingestellt sein lassen, ob die Einwände von Marcinowski gegenüber der von beiden genannten Autoren geäusserten Auffassung gerechtfertigt sind.

Nachdem es mir möglich war, das biologische Verhalten gewisser Enchytraeiden durch direkte Beobachtung sowie durch das Experiment eingehender werten zu können, stellte ich mir die Aufgabe, Erfahrungen und Beobachtungen zu sammeln, die uns über die Bedeutung der Enchytraeiden für die Bodenkultur aufklären.

V. Die Bedeutung der Enchytraeiden für die Bodenkultur.

Um die vorliegende Frage zur Abklärung zu bringen, müssen einerseits ausser den schon dargestellten Experimenten neue auf andern Grundlagen basierende eingeleitet werden, und anderseits darf nicht ausser acht gelassen werdcn, dass genaue Beobachtungen im Freien

in den verschiedenen Bodenarten zur Diskussion der Versuchsresultate notwendig sind.

In allererster Linie wurde versucht festzustellen, an welche Bedingungen das Vorkommen, d. h. das zahlreiche Vorkommen der Enchytraeiden gebunden ist, und hierin haben sich im Laufe der Zeit zwei Umstände als wichtig herausgestellt.

1. Die physikalische Beschaffenheit des Bodens (Luft, Licht und Feuchtigkeit) übt einen bedeutenden Einfluss aus.

2. Die chemische Zusammensetzung des Bodens kann hemmend oder fördernd auf die Ausbreitung der Enchytraeiden einwirken.

1. Die physikalischen Bedingungen.

Experimentell wurde in der ersten Versuchsreihe festgestellt, dass die Enchytraeiden gegen Trockenheit äusserst empfindlich sind. Aus jenen Beobachtungen geht deutlich hervor, dass Trockenhaltung der Nematoden- und Enchytraeidenbesetzten Pflanzen zuerst die letztern zum Absterben bringt, wodurch die durch die Älchen erzeugte Krankheit erst recht zum Ausdruck kommt. Die Enchytraeiden sind somit gegen Trockenheit noch empfindlicher als die zarten Nematoden.

Mit den durch den Versuch festgestellten Tatsachen stimmen nun die Beobachtungen im Freien überein. Es ergibt sich als unzweifelhaft, dass der Feuchtigkeitsgehalt eines Bodens auf die Ausbreitung einen fundamentalen Einfluss ausübt und zwar in der Weise, dass in trockenen Bodenarten die Ansiedlung und Ausbreitung der Enchytraeiden äusserst langsam vor sich geht.

Daraus ergibt sich in erster Linie die Frage: Wie verhalten sich die Enchytraeiden in der freien Natur dem fortwährend eintretenden Wechsel von trockenen und feuchten Witterungszeiten gegenüber. Nach dieser Richtung hin haben sich besonders drei Umstände als für das Leben der Enchytraeiden wichtig erwiesen.

a) Die Fähigkeit der verschiedenen Bodenarten, die Feuchtigkeit längere Zeit zurückzuhalten, d. h. die bei feuchter Witterung aufgenommene Wassermenge in den Zeiten intensiver Austrocknung nur langsam abzugeben. Es ist dies für die hier in betracht fallenden Lebewesen von grosser Bedeutung, weil es bis zu einem gewissen Grade infolgedessen Bodenarten gibt, die von Natur aus befähigt sind, das tierische Leben gegen gefährliche Witterungseinflüsse zu schützen. Kiesige und leicht sandige Bodenarten sind, wie die Erfahrung lehrt, der einmal aufgenommenen Feuchtigkeit bald beraubt.

Demzufolge bieten diese Böden keine günstigen Existenzbedingungen für die Oligochaeten, was nach meinen ausgedehnten Untersuchungen im Freien vollkommen übereinstimmt. Es hat sich nämlich immer wieder gezeigt, dass kiesige und sandige Unterlagen in den verschiedensten Landesgegenden keine oder nur äusserst wenige Enchytraeiden enthalten. Das gleiche geht auch aus den Arbeiten Bretschers hervor, wenn er z. B. pag. 441 in „Südschweizerische Oligochaeten“ schreibt:

„Es dürfte kein Gebiet geeigneter sein, den massgebenden Einfluss der Bodenfeuchtigkeit auf das Auftreten der Terricolen zu demonstrieren, als das in Frage stehende. Überall wo der Boden nicht zu trocken ist, erscheinen die hieher gehörigen Formen, wo ihm der Wassergehalt abgeht, fehlen sie. Das zeigt sich aufs deutlichste an den Berghängen, wie in dem als „Saleggi“ bezeichneten nicht in Kultur genommenen Auffüllungsgebiet der Maggia. Diese Erdbewohner folgen also durchaus nicht dem Pflanzenwuchs, ihr Kreis ist viel beschränkter. Aus den hier gemachten Beobachtungen muss ich schliessen, dass die Feuchtigkeit für die Enchytraeiden gerade so ein bedingendes Lebenselement darstellt wie für die Lumbriciden.“

Der genannte Autor verfügt über ein ausgedehntes Sammelgebiet, und es dürften seine Erfahrungen deshalb für die Abklärung gewisser biologischer Fragen von Bedeutung sein. Bretscher hat indessen bei seinen Forschungen hauptsächlich die Feststellung der Artzahl verfolgt und weniger Gewicht auf biologische Fragen gelegt und deshalb muss bemerkt werden, dass das Vorkommen oder Nichtvorkommen der Enchytraeiden resp. der Häufigkeit nicht einzig vom Feuchtigkeitsgehalt der Erde abhängt. Die Beziehungen zu verschiedenen andern Faktoren sind hier bei näherm Zusehen unendlich viel komplizierter. Ich will hier nur andeuten, dass Luft und Licht einen bedeutenden Einfluss ausüben. Ebenso muss die Bemerkung, dass die Enchytraeiden durchaus nicht dem Pflanzenwuchs folgen, als den Tatsachen nicht entsprechend bezeichnet werden. Es werden diese Fragen weiter unten näher ausgeführt. Auf Grund der Versuchsergebnisse und der Beobachtungen im Freien kann festgestellt werden, dass der Feuchtigkeitsgehalt der Erde als Existenzbedingung für die Enchytraeiden von grosser Bedeutung ist.

Es wird weiter unten bei Besprechung der chemischen Zusammensetzung der Bodenarten noch ausgeführt werden, dass die Enchytraeiden vermöge ihrer Fähigkeit organische Stoffe, namentlich pflanzliche, in Zersetzung überzuführen, imstande sind, einen Boden in gewissem Masse feuchtigkeitsbeständig zu machen, d. h. mit an-

dern Worten, durch die Bildung einer oberflächlichen Humusschicht erlangt der Boden in gewissem Sinne proportional zur Dicke dieser Schicht die Fähigkeit, die aufgenommene Feuchtigkeit nur langsam abzugeben. Es ist klar, dass die Enchytraeiden dadurch vor den Witterungseinflüssen bis zu einem bestimmten Grade geschützt sind.

Neben dieser für die Enchytraeiden sehr wichtigen Fähigkeit des Bodens, die Feuchtigkeit verschieden schnell abzugeben, stehen den Oligochaeten noch weitere Mittel zur Verfügung sich der verderblichen Trockenheit zu entziehen.

b) Die Fähigkeit, sich tiefer in die Erde zurückzuziehen. Es hat sich gezeigt, dass sich die äusserst empfindlichen Würmer beim Eintritt trockener Witterung etwas zu schützen vermögen, indem sie sich in tiefere Lagen verziehen, wo sie noch Feuchtigkeit vorfinden. Die Grenzen sind ihnen hierin aber relativ eng gezogen, indem grössere Tiefen ihnen die Lebensbedingungen nach einer andern Richtung hin entziehen. Es sind dies jene Bedingungen, die im Experiment festgestellt werden konnten, nämlich:

α) Das Vorhandensein von genügend Luft und in bestimmtem Masse auch Licht.

β) Das Vorhandensein von Pflanzenstoffen. Obgleich diese Wanderungen nach der Tiefe bei ungünstigen Zeiten absolut gemessen nicht gross sind (es handelt sich nach Beobachtungen im Maximum um 15—20 cm), so muss man bedenken, dass eine solche Ortsveränderung nach der Tiefe bei verschiedenen Bodenarten genügt, die meisten ungünstigen Witterungseinflüsse unwirksam zu machen.

c) Die Bildung von Dauer-Eiern.

Trotzdem könnte es nun bei langandauernder Trockenheit dazu kommen, dass auch jene tiefer gelegenen, vorübergehend bezogenen Regionen, die Feuchtigkeit derart verlieren, dass die Enchytraeiden in weiten Gebieten zu Grunde gehen müssten und die Art in ihrem Fortbestehen gefährdet würde. Auch dieser letzten Konsequenz von äussern Einflüssen stehen die Enchytraeiden nicht wehrlos gegenüber.

Es ist im Tierreich eine weitverbreitete Erscheinung, dass die der Existenz der Art gefährlichen Zeiten in Form besonderer Entwicklungsstadien überdauert werden. Es sind dies die sog. Dauereier vieler Crustaceen und Insekten. Auch bei den Enchytraeiden hat sich eine ähnliche Erscheinung gezeigt. Sie befinden sich im allgemeinen während des gansen Jahres im Zustande der Fortpflanzungsfähigkeit. Dieselbe vollzieht sich durch die Eiablage. Es ist nun aber von grosser Tragweite, dass diese Eiablage sich, wie im Abschnitt über Entwick-

lung ausgeführt wird, auf zwei Arten vollzieht. Während des grössten Teiles des Jahres werden Einzeleier abgelegt. Im Sommer aber, wenn die Gefahr all zu starker Austrocknung vorliegt, erscheinen die sog. Eicoccon; die in einer Hülle mehrere Eier enthalten. Diese Eicoccon müssen nun in Tat und Wahrheit als Dauereier bezeichnet werden, da sie, wie aus verschiedenen Versuchen hervorgeht, eine intensive Trockenheit überdauern und entwicklungsfähig bleiben. Die erwachsenen, geschlechtsreifen Individuen fallen solchen starken äussern Einflüssen umbarmherzig zum Opfer. Tritt gelegentlich wieder Feuchtigkeit in die Erde, so beginnen die Eier, d. h. deren Keime, ihre Entwicklung fortzusetzen und nach einem kürzern oder längern Unterbruch, je nach der Intensität der Trockenzeit blüht wieder ein neues Leben. Man sieht leicht ein, dass ohne die geschilderten Massnahmen im Fortpflanzungsmodus die Enchytraeiden in ihrem Bestande des öftern gefährdet wären.

Nach Einsichtnahme in die obwaltenden engen Beziehungen der Enchytraeiden zu der Bodenfeuchtigkeit, ist es erklärlich, wenn wir in eng begrenzten Gebieten grosse Differenzen im zahlenmässigen Auftreten der Terricolen beobachten. Aber nicht nur die Bodenqualität an und für sich bedingt eine solche Begrenzung des tierischen Lebens, sondern auch die Witterung übt einen bestimmenden Einfluss aus.

Diesen mehr lokalen Schwankungen entsprechen dann ausgedehntere, zusammenhängende Gebiete, die Enchytraeiden in maximaler oder minimaler Verbreitung besitzen. Dies hängt einmal mit dem Klima zusammen. Regenarme und stark besonnte Gebiete werden nur spärlich bevölkert. Anderseits aber hängt die Erscheinung auch mit der Bodenart zusammen in der Weise, dass weit ausgedehnte, gleichartig zusammengesetzte Unterlagen die Verbreitung verhindern. Im letztern Falle haben wir es durchwegs mit wenig kultivierten und mehr oder weniger ertragsarmen Böden zu tun. Es mag hier kurz erwähnt werden, dass diese Bodenformen grösstenteils wenig Humus besitzen, und dass die Bildung des letztern z. T. deshalb unterbleibt, weil sich das tierische Leben nicht zu entwickeln vermag.

Wenn einerseits im obigen ausgeführt wurde, dass der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens für die Existenz der Enchytraeiden von besonders grosser Bedeutung ist, so darf anderseits nicht unterlassen werden feszustellen, dass ein gewisser Luftgehalt ebenso für das Gedeihen tierischen Lebens notwendig ist. In dichten, kompakten z. B. lehmigen Bodenarten kann konstatiert werden, dass

1. Die Enchytraeiden relativ schwach vertreten sind.

2. Die wenigen vorhandenen Individuen nur in den oberflächlichsten Schichten sich aufhalten.

Diese Befunde sind nun von Wichtigkeit, weil sie die Bedeutung der Enchytraeiden für den Boden richtig beleuchten; denn es ist bekannt, dass in dichten Böden die Humusbildung sich ausschliesslich in den oberflächlich gelegenen Schichten vollzieht; also gerade in jenen Regionen, wo in solchen Fällen die Enchytraeiden sich anzusiedeln und auszubreiten beginnen. Je weiter der Prozess der Humusbildung sich ausdehnt, umso intensiver spielt sich das tierische Leben in jenen Zonen ab. Nach Festlegung der Versuchsresultate, sowie begründet auf weiter unten dargestellte Beobachtungen, dürfen wir zweifellos annehmen, dass gerade die Enchytraeiden in solchen noch humusarmen Böden den Prozess einleiten und befördern, mit andern Worten, die besagten Terricolen sind im Stande die Ertragsfähigkeit eines Bodens, d. h. also dessen Kulturwert zu erhöhen.

Dass die gute Durchlüftung eines Bodens eine fundamentale Bedingung für die Zersetzungsprozesse organischer Stoffe im Erdreich darstellt, ist bekannt. Und wenn wir wahrnehmen, wie die unter normalen Verhältnissen in enormen Mengen vorkommenden Enchytraeiden die oberflächlichen Schichten mit tausend und abertausend feinen Kanälen durchziehen, so wird es klar, welch gewaltige Kräfte dadurch ausgelöst werden und welche Bedeutung diese winzigen Tiere für das menschliche Produktionsgebiet besitzen.

2. Zusammensetzung des Bodens.

Für die durch die Enchytraeiden hervorgerufene Zersetzung organischer Stoffe in der Erde, ist es wichtig, wenn man sich über die Zahl der in einer Masseinheit Erde vorkommenden Würmer Rechenschaft gibt. Es ist leicht einzusehen, dass solche Zahlen zwar keinen Anspruch auf mathematische Genauigkeit besitzen, denn

1. Werden kleine Formen und besonders die Jugendstadien leicht übersehen.

2. kommt es darauf an, bis zu welcher Tiefe man in jedem Fall untersucht, weil in den verschiedenen Böden die Enchytraeiden ungleich tief leben.

3. Die Individuenzahl schwankt in den einzelnen Jahreszeiten in nicht unerheblichem Masse.

Bretscher hat in seinen Arbeiten über die vorliegende Frage schon ein reichhaltiges Material in den verschiedensten Landesgegenden gesammelt. So erfahren wir, dass in einem Aushub von Cresta [Avers] 1950 m ü. M. 1620 Enchytraeiden gefunden wurden. Das

macht nach der Berechnung des Autors auf den m² Wiesenfläche über 80 000 Würmer. Was eine solche Zahl für die Bodenkultur bedeutet, das können wir erst ermessen, wenn uns die Tätigkeit und deren Wirkung klar geworden ist. Besonders gross sind die stofflichen Umsetzungen bei einer solchen Zahl von Tieren im Herbst, wo die einjährigen Pflanzen d. h. hauptsächlich ihr Wurzelsystem ihre Lebenstätigkeit aufgegeben haben und den einwirkenden Kräften in der Erde preisgegeben sind. Je vollständiger die Verarbeitung dieser Stoffe durchgeführt wird, um so besser hat sich der Boden von Natur aus für die nächste Kulturperiode vorbereitet.

Im Tessin erhielt der gleiche Autor auf den m² 160 Enchytraeiden Der grosse Unterschied zwischen den beiden Zahlen möchte von vornherein etwas auffallen, dürfte sich aber unter Berücksichtigung der drei oben angegebenen Faktoren als bestehend erweisen.

Im weitern gibt Bretscher in seinen „Mitteilungen über die Oligochaetenfauna der Schweiz“, pag. 7, folgende Zahlen aus der Umgebung von Zürich an:

Im Garten	5000	pro m² Fläche
In der Wiese	8000	„ „ „
Im Wald	8000	„ „ „
Im Baumgarten	1650	„ „ „

Es ist natürlich unmöglich, diese Zahlen richtig zu werten, weil wir die bedingenden Faktoren wie Bodenzusammensetzung, Jahreszeit und Tiefe des Aushubes, nicht kennen. Eines geht aus diesen gefundenen Werten, sowie aus den von mir gemachten Beobachtungen hervor, dass schon die Art der Kultur auf die Individuenzahl einen Einfluss ausübt. Die Bedingungen für die Tätigkeit der Würmer (physikalische und chemische) sind von der Bepflanzung eines Bodens stark abhängig.

Von welchen Faktoren diese Abhängigkeit bestimmt wird, suchte ich durch einige Versuche klar zu legen. Es wurden zu diesem Zweck Töpfe mit den verschiedenen Erden gefüllt, um ihnen nachher eine gleiche Menge Enchytraeiden zuzusetzen und zwar wurde benutzt:

1. Reine Gartenerde
2. Erde mit stark kiesiger Durchmischung
3. Walderde
4. Erde vom Wiesboden
5. Erde mit viel abgehenden Pflanzenteilen durchmischt.

Diese Töpfe wurden nun ins Freie verbracht, wo sie von Zeit zu Zeit kontrolliert wurden. Der Versuch dauerte etwa 3 Monate. Die Ergebnisse der in Zeitabständen von 2—3 Wochen durchgeführten Kontrollen sind nun folgende:

1. In reiner Gartenerde hielten sich die Enchytraeiden 2—3 Wochen, ohne sich sichtbar zu vermehren. Dann aber stellte sich ein starker Rückgang ein, so dass nach Verfluss von nochmals 2 Wochen die Erde als Enchytraeidenfrei gelten konnte. Es mangelte den Würmern offenbar an zusagender Nahrung.

2. Im 2. Topfe, wo die Erde eine kiesige Beschaffenheit aufwies, konnte festgestellt werden, dass die Enchytraeiden schon nach 2—3 Wochen verschwanden. Zum Nahrungsmangel tritt hier noch die rasche Austrocknung des Bodens hinzu.

3. In der Walderde, die nicht frei von Pflanzenteilen war, konnten sich die Würmer halten. Zunächst vermehren sie sich relativ stark, bleiben dann eine zeitlang auf gleicher Höhe, um schliesslich mit Eintritt von Nahrungsmangel nach der Zahl zu sinken.

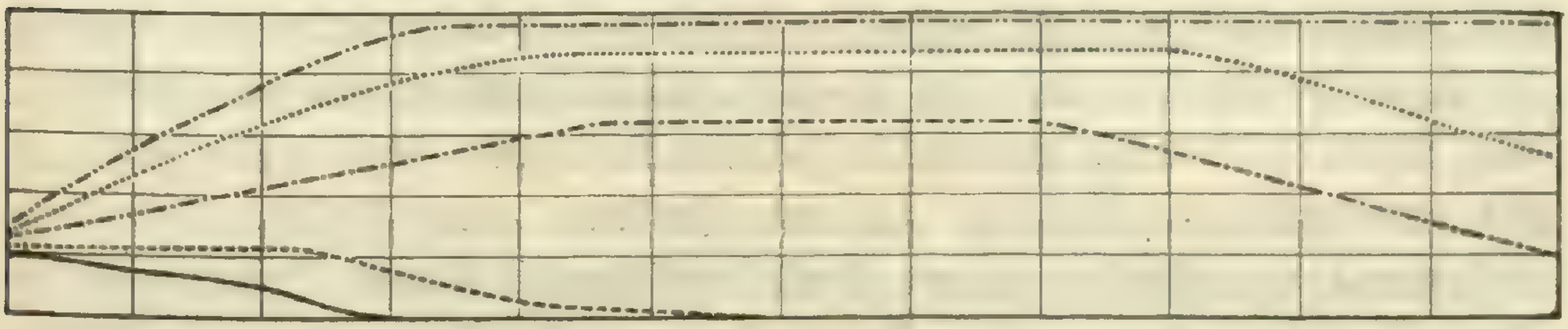
4. Ganz andere Verhältnisse bietet der Wiesboden mit einer Rasenschicht. Hier setzt eine intensive Vermehrung bei den Enchytraeiden bald ein, und im Verlaufe des Versuches kann von einem Rückgang der Individuenzahl nicht gesprochen werden.

5. Ziemlich genau wie bei Nr. 4 verhielten sich die Würmer auch in der Erde, die mit Pflanzenstzoffen durchmischt war. Indessen zeigt es sich, dass nach Verfluss von 8 Wochen ein Stillstand in ihrer Vermehrung eintritt, und nach weitern 4 Wochen beginnen sie abzunehmen. Auch hier wird letzterer durch den eingetretenen Nahrungsmangel veranlasst.

Eine einfach graphische Auftragung der besprochenen Veränderungen in den verschiedenen Töpfen, bringt die Erscheinung noch deutlicher zum Ausdruck.

Es geht aus den Versuchen also klar hervor, dass nicht der Feuchtigkeitsgehalt der Erde allein auf das Gedeihen der Enchytraeiden einwirkt, sondern die Art der Kultur des Bodens zweifellos stark in Betracht fällt. Bei allen fünf Versuchstöpfen waren nämlich die äussern Bedingungen gleich und verschieden gestaltet war die Erde. Da zeigt es sich denn, dass in jenen Fällen, wo keine pflanzlichen Stoffe zur Verfügung stehen, das Leben bald aufhört, von irgend nennenswerter Vermehrungstätigkeit kann nicht gesprochen werden. Sobald aber pflanzliche Stoffe in Form von Rasenstücken oder eingestreutem zerhacktem Material geboten wird, sind die für die Enchytraeiden in den beiden ersten Fällen hemmenden Faktoren beseitigt. Direkte Beobachtungen und Darmuntersuchungen lassen klar erkennen, dass die fragl. Terricolen sich grösstenteils von Pflanzenstoffen nähren. Es muss aber betont werden, dass dabei fast immer abgehende Pflanzenteile in Betracht kommen. Mit der Festlegung der Tatsache, dass die Enchy-

traeiden an das Vorhandensein pflanzlicher Stoffe gebunden sind, ergibt sich die Wichtigkeit der Tiergruppe für den Kulturboden ohne weiteres. Dabei kommt in erster Linie der Umstand in Betracht, dass die Enchytraeiden imstande sind, Pflanzengewebe in Fäulnis überzuführen, d. h. den Prozess einzuleiten und stark zu beschleunigen. Es wird in der Besprechung über Anatomie des Wurmkörpers, pag. 164, darauf hingewiesen (Fig. 5, Sp. D), dass die beiden im Vorderkörper gelegenen Speicheldrüsen grosse Mengen Säfte produzieren, die durch die Mundhöhle nach aussen gelangen und die nächste Umgebung schleimig gestalten und durchsetzen, so dass z. B. die Älchen der Erdbeerstöcke abgetötet werden und deren Körper sich in eine schleimige Masse auflöst. Eine ähnliche Wirkung üben jene Drüsensäfte unzweifelhaft auch auf das Pflanzengewebe aus, so dass dieses innerhalb einer bestimmten Wirkungszone einer schnellen Zersetzung anheimfallen und eigentlich innerhalb kurzer Zeit in konzentrierter Nährstofform dem



Boden wieder nutzbar gemacht wird. Das ist in Anbetracht der enormen Zahlen, in denen die Enchytraeiden auftreten, für den Kulturboden von grösster Bedeutung. Die Wirkung der Tätigkeit dieser kleinen Erdbewohner dürfte aus diesen Gründen diejenige der Regenwürmer weit übertreffen.

Dass die gesunden Pflanzenwurzeln von den Enchytraeiden im allgemeinen nicht angegriffen werden, zeigen uns die Versuche und zugleich kann man sich von dieser Tatsache jederzeit im Freien überzeugen. An Nahrung fehlt es ihnen trotzdem nicht; denn zu jeder Jahreszeit, namentlich im Herbst und Frühling, ist die oberflächliche Schicht des Wiesbodens durchsetzt von abgehenden Pflanzenstoffen.

Es ist ferner darauf aufmerksam zu machen, dass die Enchytraeiden in gewissen Fällen sogar als natürliche Beschützer unserer Kulturgewächse bis zu einem gewissen Grade auftreten können, wie uns die Untersuchungen über die kranken Erdbeerstöcke lehren.

Schliesslich ist noch zu betonen, was weiter oben schon angedeutet wurde, dass die Enchytraeiden die oberflächlichen Schichten

des Erdreichs auflockern und lufthaltig gestalten, wodurch der Luftzutritt sozusagen zu den kleinsten Erdteilen ermöglicht wird, was für die Zersetzung und Überführung der organischen Bestandteile in Humus von Bedeutung ist.

Somit darf gesagt werden, dass die Enchytraeiden im Haushalte der Natur zweifellos eine wichtige Rolle spielen, dass sie namentlich für den Wiesboden von hervorragender Bedeutung sind. Wo sie zahlreich vertreten sind, da ist eine intensive Umsetzung in den oberflächlichen Erdschichten gesichert, was mit andern Worten heisst, dass der Boden von Natur aus eine erhöhte Leistungsfähigkeit besitzt.

Wir sind gewohnt, die Qualität eines Bodens im allgemeinen nach dem Gehalt an chemischen und mineralischen Bestandteilen zu bestimmen. Sobald wir aber im Klaren darüber sind, welche Folgen die Tätigkeit einer Tierform im Erdreich hat, wie im vorliegenden Fall, kann auch mit Sicherheit auf gewisse Qualitäten eines Bodens aus deren Vorhandensein resp. Nichtvorhandensein geschlossen werden. Wir besitzen deshalb gerade in solchen Faktoren einen wichtigen und gut verwendbaren Maßstab für die Qualität eines Bodens, und die Bodenanalysen dürften unter Berücksichtigung dieses Umstandes an Zuverlässigkeit gewinnen. Es wird nun allerdings weitern Untersuchungen vorbehalten sein zu bestimmen, ob noch andere Tierformen und welche in dieser oder jener Form im Erdreich von Bedeutung sind.

VI. Beobachtungen über die Natur des durch die Enchytraeiden verursachten Zersetzungsprozesses.

Eine Einsicht in diese geheimen Vorgänge tierischen und pflanzlichen Lebens auf dem Wege direkter Beobachtung zu gewinnen, ist keine leichte Sache, denn wir haben es hier mit annähernd mikroskopischen Lebewesen zu tun, die zudem noch in einem Medium leben, das einer Betrachtung ungestörten tierischen Lebens nicht günstig ist.

Nachdem mir durch die vorliegenden anatomischen Untersuchungen die Natur der beiden in den *Bulbus oesophagi* einmündenden Speicheldrüsen klar wurde und zudem jenes eigentümliche Verhalten gewisser Nematoden gegenüber den Enchytraeiden durch den Versuch festgesellt wurde, lag es nahe, den Sekreten der genannten Speicheldrüse in gewissem Sinne die Fähigkeit, Pflanzenstoffe in Zersetzung überzuführen zuzuschreiben. Diese Auffassung wird nun durch eine Beobachtung bei den mikroskopischen Untersuchungen gerecht-

fertigt. Es lässt sich nämlich wahrnehmen, dass die in destilliertem Wasser unter dem Deckglas lebenden Enchytraeiden durch die Mundöffnung ein Sekret absondern, das im Wasser zunächst langgezogene Schlieren bildet und darin also seine schleimige Natur dokumentiert. Nach kurzer Zeit aber ziehen sich diese Sekretlinien in fein zerteilte Tröpfchen zusammen, die sich unter dem Deckglas deutlich abheben. Im Verhältnis zur Grösse des Tieres sind es beträchtliche Mengen, die auf die beschriebene Weise zur Absonderung gelangen. Über die Natur der Sekrete kann nun allerdings weiter nichts ausgesagt werden, als dass sie ausgesprochen alkalisch reagieren. Es gelangen also Basen oder doch basische Verbindungen zur Absonderung.

Dass ein solcher Vorgang nicht nur etwa ein künstlich hervorgerufener ist, beweisen meine Untersuchungen an den Erdbeerstöcken. Dort wurde festgestellt, dass die Umgebung der Enchytraeiden deutlich eine schleimige Beschaffenheit aufweist. Zudem wird beobachtet, dass die Älchen, welche von den Sekreten getroffen werden, zu Grunde gehen. Gleichzeitig muss betont werden, dass es auch gerade die von den Drüsenabsonderungen betroffenen Stellen der pflanzlichen Gewebe sind, die einer Zersetzung anheimfallen. Was in jenen ersten Untersuchungen zur Beobachtung gelangte, konnte dann im Verlaufe der weitern Versuche immer wieder bestätigt werden, so dass es nunmehr keinem Zweifel mehr unterliegen kann, dass gerade diese Drüsensekrete für die ungemein wichtige Tätigkeit der Enchytraeiden im Erdboden in erheblichen Masse verantwortlich zu machen sind. Um den Vorgang nach allen Seiten restlos erklären zu können, müssten wir freilich die Natur der zur Absonderung gelangenden Säfte genau kennen, was aber bei den relativ geringen Quantitäten, deren wir habhaft werden können und deren äusserer Verunreinigung sehr schwer zu erreichen ist. Dass sie aber imstande sind, das Pflanzengewebe und besonders dann, wenn es durch irgend eine vorausgegangene Beschädigung in seiner Widerstandskraft geschwächt wurde, in Zersetzung überzuführen, geht aus allen Untersuchungen hervor. Weil nun aber bei den Fäulnisprozessen eine Welt von Mikroorganismen auftritt und dieselbe durchführt, so gelangt man zum Schluss, dass die basisch reagierenden, leicht in das pflanzliche Gewebe eindringenden Drüsensäfte die Existenzbedingungen für die wahren Fäulnisorganismen schaffen, und also direkt als Ursache bestimmter im Erdreich eintretender Zersetzungen bezeichnet werden müssen.

Es muss spätern Untersuchungen vorbehalten bleiben, ob wir im Erdreich nicht auch Organismen vorfinden, die durch Produktion von

Säuren oder säurehaltigen Verbindungen bei der Zersetzung mineralischer Bestandteile mitwirken. Es scheint dies nach den vorliegenden Untersuchungsresultaten durchaus nicht unmöglich zu sein.

Die grosse Zahl der an den Umsetzungsprozessen im Boden beteiligten Faktoren lässt es heute noch nicht als möglich erscheinen, den Verlauf der Vorgänge in allen Einzelheiten festzulegen. Neben der allgemeinen chemischen Umsetzung, die sich gründet auf den Gesetzen der Affinität und der Massenwirkung, beeinflussen vielleicht auch elektrische Vorgänge den Verlauf der Bodenprozesse. Eine bedeutende Rolle, die seit jenen Arbeiten Darwins u. a. m. in bezug auf die Regenwürmer klargelegt wurde, dürften entschieden die biologischen Faktoren bilden und unter diesen wieder die tierischen Lebewesen.

Im vorliegenden Falle handelt es sich, wie festgestellt wurde, um die Zersetzung von Pflanzenstoffen, d. h. um die Gewinnung von Stickstoffverbindungen im Boden. Derselbe findet sich im Erdreich in Form von Salpetersäure, Ammoniak und organischen Verbindungen. Einen gewissen Anteil an der Aufspeicherung dieser Verbindungen im Boden nehmen die atmosphärischen Niederschläge, zum grössten Teil aber bilden sie das Produkt der Zersetzung der organischen Substanzen, und daraus erklärt sich, wenn im Vorliegenden die Bedeutung der Enchytraeiden hervorgehoben wurde, umsomehr, als im Boden der Stickstoff in Form von Salpetersäure und Ammoniak quantitativ gegenüber dem organischen Stickstoff stark zurücktritt. Letzterer soll proportional dem Humusgehalt sein. Somit partizipieren an der Hebung der Ertragsfähigkeit eines Bodens die Enchytraeiden in erheblichem Masse, besonders im Hinblick auf die ungeheure Zahl, in der sie in gewissen Erden und zu gewissen Jahreszeiten auftreten.

Dass in Tat und Wahrheit eine sichtbare Beziehung zwischen der Ertragsfähigkeit eines Wiesbodens und der Anzahl der darin lebenden Enchytraeiden vorhanden ist, konnte zweifellos festgestellt werden. Es wurden zu diesem Zwecke an 10 verschiedenen Stellen des der Schweiz. Versuchsanstalt in Wädenswil zugehörigen Gutes Bodenproben entnommen. Diese Stellen wurden nach der Höhe der Ertragsfahigkeit an Heu gewählt. Der Boden, d. h. die untersuchten Proben wurden ebenfalls nach dem Gehalt an Ton, Kalk, Sand und Humus beurteilt, und wir erhalten als hier in Betracht fallende Bodenarten folgende:

1. Tonboden
2. Lehmboden
3. Lehmiger Sandboden

4. Sandboden
5. Humusboden

Die nachfolgende Tabelle zeigt uns das Zahlenverhältnis der in den genannten Böden vorgefundenen Enchytraeiden unter Berücksichtigung der verschiedenen Jahreszeiten. Die Zahlen sind berechnet auf den m^2 Fläche und stellen jeweilen einen Mittelwert aus einer grossen Zahl von Bodenproben dar.

Jahreszeit	Tonboden	Lehmboden	Lehmiger Sandboden	Sandboden	Humusboden
1. Frühling	vereinzelte Individuen	60— 150	2750— 6400	6900— 9000	30000—70000
2. Sommer					
a) Trockene Witterg.	—	28— 75	1400— 2300	2600— 4900	11800—16000
b) Feuchte Witterg.	—	70— 300	3000— 7000	6500— 8500	28000—50000
3. Herbst	vereinzelte Individuen	100— 450	5000—10000	7000—11000	60000-150000
4. Winter	—	800—1600	2000— 8000	6800— 9400	50000-120000

Diese den bestehenden Verhältnissen jedenfalls nahestehenden Zahlen sind nach verschiedener Richtung von Bedeutung.

1. Die Enchytraeiden sind in ihrem Vorkommen relativ streng an bestimmte für sie günstige Bodenarten gebunden.

a) Im Tonboden sind durchwegs keine Enchytraeiden vorhanden. Dass es eine scharfe Grenze des Auftretens resp. Nichtauftretens der Würmer nicht gibt, ist schon deshalb klar, weil wir die Bodenarten nach ihrer Zusammensetzung selten rein vor uns haben. Wo die Mischung mit gewissen anderen Bodenbestandteilen wahrnehmbar zu werden beginnt, da erscheinen alsbald auch wenige Enchytraeiden. Sie bilden also ein ausserordentlich feines Reagenz zur Bestimmung der Bodendurchmischung, sobald man die Beziehungen der Lebewesen zu den verschiedenen Bodenbestandteilen kennt. Warum in der genannten Bodenart keine oder nur wenige Enchytraeiden vorkommen, geht aus den obigen Ausführungen klar hervor. Der Tonboden ist nämlich zu kompakt und zu wenig lufthaltig. Die Zersetzung von organischen Bestandteilen ist hier auf ein Minimum eingeschränkt, und die richtige Atmosphäre für die Enchytraeiden fehlt. Dass die gegebene Erklärung richtig ist, beweist die Tatsache, dass in den oberflächlichen Schichten solcher Böden sich die Enchytraeiden anzusiedeln beginnen, und dass dabei gleichzeitig eine geringe Zersetzungtätigkeit organischer Stoffe eintritt, und je zahlreicher die Enchytraeiden

werden, um so weiter schreitet die Humusbildung nach der Tiefe zu fort.

b) Im Lehmboden mit seinen verschiedenen Abstufungen ist die Zahl der regelmässig anwesenden Individuen noch eine relativ geringe, jedoch schon derart, dass eine Zersetzung organischer Stoffe deutlich zum Ausdruck gelangt, und daher tritt der Prozess der Humusbildung hier stärker in Erscheinung.

c) In jenen Lehmböden, die mit Sand stark untermischt sind, finden wir schon höhere Zahlen. Hier sind die Lebensbedingungen günstiger gestaltet, infolge der sandigen Einlagerungen, die den Zutritt von Luft gestatten. Der Graswuchs ist hier infolge der in Bildung begriffenen stärkeren Humuschicht kräftiger und die Ertragsfähigkeit dieser Bodenkategorie deshalb gesteigert.

d) Bedeutend reichlicher sind die Enchytraeiden in den leichtern Sandböden vertreten. Diese sind daher in den vorliegenden Untersuchungsgebieten mit einer stärkeren Humusschicht ausgezeichnet.

e) An höchster Stelle in bezug auf die Zahl der gefundenen Enchytraeiden stehen die Humusböden. Hier ist der Prozess der Umsetzungen auf maximaler Höhe angelangt, und in Übereinstimmung damit findet sich eine äusserst reiche Enchytraeidenfauna.

2. Nach der Zahl der gefundenen Würmer zeigen die verschiedenen Jahreszeiten beträchtliche Differenzen. Durchwegs lässt sich festellen, dass im Sommer bei längerer trockener Witterung ihre Zahl bedeutend zurückgeht. Es wurde an anderer Stelle auseinandergesetzt, welche Faktoren diese Erscheinung hervorrufen und welche Gesetze in der Entwicklung des Individuums die biologischen Erscheinungen in der Erde bedingen.

Das wesentlichste Ergebnis dieser Untersuchungen liegt zweifellos in der Tatsache, dass die Zahl der Enchytraeiden in einem deutlich gesetzmässigen Zusamenhange mit der Qualität des Bodens steht. Wir können also sagen: Je zahlreicher die Enchytraeiden in einem Boden vorhanden sind, um so leistungsfähiger ist letzterer.

VII. Versuch zur Feststellung der Humus bildenden Tätigkeit der Enchytraeiden.

Es wurde in den vorausgegangenen Ausführungen auf Grund von Experimenten und Beobachtungen im Freien festgestellt, dass die Enchytraeiden an der Humusbildung im Erdreich einen hervorragenden Anteil nehmen. Obgleich die Beweise dafür auf verschiedenen Wegen gewonnen als erbracht betrachtet werden müssen, so

konnte ich es doch nicht unterlassen, den wichtigen Vorgang durch Einleitung eines langfristigen Versuches zum Ausdruck zu bringen. Zu diesem Zwecke wurde ein bestimmtes Quantum Erde sterilisiert und nachher in vier grössere Töpfe abgefüllt und zwar

1. Reine Sanderde.
2. Sanderde mit pflanzlichen Bestandteilen vermischt.
3. Eine Lage Sanderde von zwei Rasenstücken eingeschlossen.

Diesen drei Töpfen wurde nun Mitte Mai eine ungefähr gleich grosse Anzahl Enchytraeiden beigesetzt, während einem 4, Gefäss, das ebenfalls mit sterilisierter Erde gefüllt war, keine Enchytraeiden gegeben wurden. Alle vier Töpfe verbrachte man ins Freie, wo ihnen bei anhaltend trockener Witterung Feuchtigkeit zugeführt wurde. Durch die beschriebene Versuchsanordnung hoffte ich im Laufe des Sommers gewisse Veränderungen in den Gefässen wahrnehmen zu können, und da in jedem Fall verschiedene Existenzbedingungen vorlagen, so mussten jene Veränderungen, sofern solche in Erscheinung traten, den beigesetzten Enchytraeiden zugeschrieben werden, da wie bemerkt, die Erde in allen Fällen sterilisiert war.

Nach Verfluss von zwei Monaten, also etwa Mitte Juli, wurde die erste Kontrolle vorgenommen. Dabei ergab sich folgendes:

1. Das Gefäss mit reiner Sanderde enthielt keine Enchytraeiden mehr. Sie waren abgestorben, da die zur Ernährung notwendigen Pflanzenstoffe fehlten.

2. Im 2. und 3. Topfe hatte sich eine reiche Enchytraeidenfauna entwickelt, und zwar befinden sich die Tiere an jenen Stellen, wo pflanzliche Stoffe vorhanden sind. Die sterilisierte Sanderde ist noch wenig mit anderen Bestandteilen vermischt.

Im 4. Gefäss, das als Kontrolle diente, ist nach keiner Richtung hin eine Veränderung zu bemerken.

Diese Resultate zeigen uns, dass das Leben und die Entwicklung, d. h. die Vermehrung und Ausbreitung der Enchytraeiden an das Vorhandensein von pflanzlichen Stoffen gebunden ist. Wo letztere fehlen, da hört auch das tierische Leben bald auf.

Nach weitern zwei Monaten, also Ende September, wurde die zweite Kontrolle vorgenommen. Sie ergab das aus der Tabelle p. 144 ersichtliche Bild.

Die 2. Kontrolle im September zeigt uns also, dass der Prozess der Humusbildung in den Töpfen 2 und 3 deutlich sichtbar vor sich geht. Die Grundlage dazu bilden die anwesenden Pflanzenstoffe. Die Zersetzung dieser organischen Bestandteile ist also zu einem erheblichen Teile schon durchgeführt, und da die Erde beim Ausgange

des Versuches schon sterilisiert, d. h. frei ven jeglichem tierischen Leben war, so muss der ganze Vorgang von den zugesetzten Enchytraeiden ausgegangen sein. Das beweist auch der 4. Topf, wo ohne eine Infektion der Erde durch Enchytraeiden sich absolut keine Veränderung beobachten lässt. Dass sich nachträglich, d. h. also nach vollzogener Einleitung des Zersetzungsprozesses eine reiche Mikroorganismenfauna ansiedelt und fördernd in den Vorgang eingreift, ist klar. Es vermag aber diese Tatsache die Bedeutung der Enchytraeiden bei der Humusbildung in keiner Weise zu beeinträchtigen

Eine Kontrolle Ende Oktober und schliesslich eine letzte Mitte November zeigt uns, dass die Erde in den Töpfen 2 und 3 vollständig

1. Topf	2. Topf	3. Topf	4. Topf
Keine Enchytraeiden Die Erde ist von durchwegs gleicher Beschaffenheit wie am Anfang	Viele Enchytraeiden, das ganze Gefäss durchsetzend, und die eingestreuten pflanzl. Bestandteile sind zersetzt, zu Humus umgebildet Die Erde in Humusbildung begriffen	Viele Enchytraeid. Auch die zwischenliegende Sanderde ist mit Humus durchsetzt	Die Erde ist gleich wie beim Ausgange des Versuchs

durchsetzt ist und einen geeigneten Boden für das Pflanzenwachstum bildet.

Durch die hier skizzierten Versuche, d. h. die erhaltenen Resultate, sowie durch die oben dargestellten Infektions-Versuche geht für die Enchytraeiden zweifellos folgendes hervor:

1. Sie nehmen an der Humusbildung im Boden einen hervorragenden Anteil.

2. Sie lassen sich in andere, nicht Enchytraeiden haltige Böden einführen, sofern ihnen organische Stoffe zur Verfügung stehen.

Damit dürfte die Bedeutung der besprochenen Oligochaeten-Gruppe in biologischer Beziehung für die Bodenkultur noch stärker hervortreten. Es ist bei der heutigen Betriebsweise des Bodenbaues klar, dass durch die Steigerung des Ertrages auch ein relativ kleines Heimwesen eine Existenz bieten muss, und dazu ist es nicht unwichtig, einen noch wenig ertragsfähigen Boden innert nützlicher Frist seiner Bestimmung entgegenzuführen. Neben technischen Vorkehren und

einer angepassten Düngung gelangen nun nach Einsichtnahme in das tierische Leben in der Erde auch noch biologische Fragen in Betracht und zwar in der Weise, dass wir die der Humusbildung günstigen Faktoren nach Möglichkeit heranziehen. Das kann nun in der Praxis ganz wohl geschehen, indem wir in derartig zu höheren Erträgen heranzuziehenden Böden die den Prozess der Humusbildung fördernden Enchytraeiden einführen. Es gelingt dies wie angeführt relativ leicht und zudem ist die starke Vermehrungsfähigkeit der Würmer vorteilhaft, weil sie sich, einmal an einer Stelle angesiedelt, innerhalb relativ kurzen Zeiten über grössere Flächen auszudehnen vermögen.

Es ist in landwirtschaftlichen Kreisen bekannt, dass z. B. Strassenanschwemmungen auf die Wiesenfläche verteilt auf den Ertrag des nächsten Jahres im allgemeinen einen günstigen Einfluss ausüben. Die Untersuchung solchen Materiales ergibt nun die Tatsache, dass darin in den meisten Fällen viele Enchytraeiden leben. Deshalb liegt der Wert einer derartigen Düngung nicht allein in den im verwendeten Material enthaltenen Düngstoffen, vielmehr beginnen die mit dem aufgetragenen Material in den Boden überführten Enchytraeiden im Herbst und Frühling ihre Tätigkeit, je nach der mehr oder weniger zusagenden Bodenart. Die Infektion einer grösseren Fläche mit Enchytraeiden würde aber entschieden eine viel intensivere sein, wenn man zu diesem Zwecke abgehende Pflanzen auf einem Haufen längere Zeit den zersetzenden Einflüssen überlassen würden. In solchen Fällen steigert sich die Bevölkerung der Enchytraeiden fast ins Ungemessene.

Dieses so zubereitete Infektionsmaterial wird am besten im Herbst verwendet, da dann im Wiesboden die Lebens- und Vermehrungsbedingungen für die Enchytraeiden die günstigsten sind.

Wichtig scheint mir nun die Wirkung der verschiedenen Kunstdünger und der einzelnen Bodenarten auf die Enchytraeiden zu sein. Ich konnte bei meinen Versuchen nämlich konstatieren, dass Phosphate in gewissen Fällen auf die Entwicklung der Enchytraeiden ungünstig wirken. Es scheint mir deshalb nicht ausgeschlossen zu sein, dass in bestimmten Bodenqualitäten die Verwendung von Phosphaten nicht erfolgreich ist, weil die der Humusbildung günstigen Enchytraeiden dadurch unterdrückt werden. Es stehen mir in dieser Beziehung aber noch zu wenig Erfahrungen zur Verfügung, um näher auf die Sache eingehen zu können.

Es ist gar keinem Zweitel unterworfen, dass das Studium des Tierlebens im Erdreich nach biologischen Gesichtspunkten noch manches zu Tage fördern wird, das in den Dienst unserer Bodenkultur gestellt, vorteilhaft wirkt; denn es ist auch in diesen Fällen von fundamentaler

Bedeutung, die natürlichen Faktoren nach allen Richtungen hin heranzuziehen, weil sie in der Natur meistens am besten wirken.

VIII. Über den Aufenthaltsort der Enchytraeiden.

Man spricht von den Enchytraeiden im allgemeinen als von Bodenbewohnern. Dabei ist es für die Abklärung gewisser in der vorliegenden Arbeit behandelter Fragen von Bedeutung zu erfahren, in welchen engern Bezirken des Bodens sich die genannten Würmer aufhalten. Im Vorausgegangenen ist schon verschiedentlich darauf hingewiesen worden, dass man sie namentlich im Herbst und im Frühling in den oberflächlichen Schichten antrifft, dort wo in diesen Jahreszeiten intensive Fäulnisprozesse pflanzlicher Stoffe vor sich gehen, und wir haben ausserdem dargetan, dass sie solche Vorgänge im Erdreich zu einem erheblichen Teile einleiten. Es ergibt sich ferner, dass die Enchytraeiden im Herbst und Frühling sich eng an die pflanzlichen Stoffe in der oberflächlichen Erdschicht anschliessen. Sie umschlingen die feinen Würzelchen, namentlich abgestorbener oder beschädigter Pflanzen und benagen deren Rindenschicht. Dabei ist es für ihre Tätigkeit bezeichnend, dass jene benagten Stellen eine schleimige Beschaffenheit annehmen und dass sich gerade an diesen Punkten innert kurzer Zeit eine reiche Mikroorganismenfauna entwickelt, die den von den Enchytraeiden eingeleiteten Fäulnisprozess in beschleunigtem Tempo weiter führt. Im Herbst nach dem Rückgang der Vegetation auf den Wiesen sind diese Vorgänge am offensichtlichsten, und dann beginnt auch eine äusserst ergiebige Vermehrungsperiode. Eine einzelne $2^1/_2$ cm lange Pflanzenwurzel beherbergte auf ihrer Oberfläche 56 Enchytraeiden. Wenn dies auch extreme Fälle sein mögen, so lässt sich im allgemeinen doch nicht verkennen, dass die Enchytraeiden in ihrem engen Anschluss an die Pflanzen im Herbst und Frühling besonders eine wichtige Rolle bei der Humusbildung spielen. Zu anderen Jahreszeiten, namentlich im Sommer, scheinen die Beziehungen zu den Pflanzen lange nicht so eng zu sein. Dann trifft man die Würmer mehr in der umliegenden Erde frei, dieselbe nach allen Richtungen durchbohrend und lockernd. Ich habe schon angedeutet, dass diesem Umstande auch eine besondere Bedeutung zukommt, nämlich insofern, als durch die grosse Zahl von Enchytraeiden das Erdreich lufthaltig gemacht wird. Was das namentlich für die im Herbst einsetzenden Fäulnisprozesze bedeutet, liegt auf der Hand.

Somit ist der Aufenthaltsort der Enchytraeiden im Boden nach zwei Richtungen hin in biologischer Beziehung von Bedeutung:

1. Im Herbst und Frühling am Wurzelwerk namentlich einjähriger Pflanzen, wo sie die Fäulnisprozesse anregen.

2. Im Sommer im freien Erdreich, dasselbe auflockernd und lufthaltend gestalten.

IX. Nematoden und Enchytraeiden im Haushalte der Natur.

Wenn einerseits schon aus meinen nicht speziell auf die Nematoden gerichteten Untersuchungen hervorzugehen scheint, dass sie im Erdreich eine vielleicht ähnliche Rolle spielen wie die Enchytraeiden, so muss an Hand der Literatur über Nematoden-Biologie noch näher darauf eingegangen werden. Es scheint mir dies von Bedeutung zu sein, denn nachdem für die Enchytraeiden nachgewiesen wurde, dass sie je nach der Bodenqualität stark variieren und deshalb bei der Bodenanalyse wichtige Anhaltspunkte bieten, ist es interessant auch die Bodennematoden unter diesem Gesichtswinkel, soweit wir darüber orientiert sind, zu betrachten. Bei dieser mehr vergleichenden Betrachtung verwende ich u. a. m. hauptsächlich die Arbeit von Marcinowski über „Parasitisch und Semiparasitisch an Pflanzen lebende Nematoden".

Im Abschnitt über Biologie finden sich die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen, so dass es gerechtfertigt sein dürfte, eine Parallele zwischen diesen beiden im Boden häufig auftretenden Tierformen zu ziehen.

Vor allem wird in bezug auf den Aufenthaltsort festgestellt, dass die Nematoden an ein bestimmtes Mass von Feuchtigkeit gebunden sind. Trockene, stark besonnte Böden sind auffallend ärmer an Nematoden als feuchte und schattige. Zudem wird ausgeführt, dass die oberflächlichen Bodenschichten die bevorzugten Gebiete für die Nematoden darstellen. Tiefe Lagen können nicht leicht eingenommen werden.

Diese Feststellungen für bestimmte Nematoden scheinen mir von etwelcher Wichtigkeit zu sein, obwohl Versuche mit den verschiedenen Bodenarten fehlen. Alle angegebenen Bedingungen für die Ausbreitung der Nematoden im Erdreich stimmen mit den von mir für die Enchytraeiden festgestellten überein, so dass zum mindesten für die semiparasitischen Nematoden angenommen werden muss, dass sie in qualitativ höher stehenden Böden zahlreicher vorkommen. Damit wäre für die Beurteilung eines Bodens nach zoologisch-biologischen Gesichtspunkten ein weiterer Anhaltspunkt geschaffen. Ich will aber ausdrücklich bemerken, dass die Frage für die Nematoden erst noch experimentell untersucht werden muss.

Die freilebenden Nematoden sind nach den Beobachtungen verschiedener Autoren im allgemeinen das ganze Jahr hindurch in geschlechtsreifem Zustande anzutreffen, ihre maximale Bevölkerungsdichte aber erreichen sie im Frühling und Herbst. Es wird verschiedentlich festgestellt, dass die im Sommer öfters eintretende Trockenzeit sie stark beeinflusst und zwar im nachteiligen Sinne. Damit ergibt sich ein weiteres Moment, das in der vorliegenden Arbeit für die Enchytraeiden nach verschiedener Richtung hin experimentell nachgewiesen und erörtert wurde. Beide Tierformen scheinen in bezug auf die Witterung den gleichen Einflüssen unterworfen zu sein. Sie sind in ihrer Tätigkeit in der Erde in diesem Sinne den nämlicheu Gesetzen untergeordnet.

Die Nematoden werden in zwei biologische Gruppen getrennt.

1. Parasitische Nematoden.
2. Semiparasitische Nematoden.

Zu den parasitischen Nematoden werden alle jene Formen gerechnet, die zwar polyphag aber doch an eine Reihe bestimmter Wirtspflanzen gebunden sind (*Hederodera schachti, H. radicicola. Tylenchus dispaci, T. tritici, Aphelenchus ormeroides* usw.).

Die Semiparasiten leben hingegen auf bereits abgestorbenen oder doch im Absterben begriffenen Pflanzen (*Cephalobus, Rhabditis* usw.). Sofern obige Definitionen auf die Enchytraeiden angewendet werden sollten, so kann festgestellt werden, dass soweit bis dahin bekannt ist, sämtliche Formen semiparasitsch leben. (Jener Fall von Rübenkrankheit nach Vaňha und Stocklasa dürfte wie schon bemerkt auch nicht als Ausnahme aufgefasst werden). Damit dokumentiert sich in biologischer Beziehung zwischen den Nematoden und Enchytraeiden ein bedeutender Unterschied, indem die ersteren in der Entwicklung zum Parasitismus schon bedeutend weiter vorgeschritten sind. Dieser Prozess der Anpassung an andere Lebensverhältnisse hat nun selbstverständlich auch seine Rückwirkungen in anatomischer Beziehung, namentlich in der Entwicklung der Genitalien. Eine ausführliche Darstellung der berührten Fragen muss hier vermieden werden, denn es würde zu weit vom eigentlichen Thema abweichen.

Dass die Grenze zwischen pathogenen und nichtpathogenen Nematoden keine scharf ausgeprägte ist, geht aus den Äusserungen verschiedener Autoren hervor, und es muss vorläufig noch unentschieden bleiben, ob in manchen Fällen, wo die krankheiterregende Natur eines Nematoden angenommen wird, in Wirklichkeit nicht andere bis dahin unbeachtete Umstände primär den Anstoss zur pathologischen Erscheinung erteilten. Bei den Enchytraeiden wurde die

Frage in der vorliegenden Arbeit für eine Reihe von Formen entschieden. Sie bilden, soweit die heute verwertbaren Erfahrungen lehren niemals die primäre Krankheitsursache, als sekundär hinzutretende Zersetzung bewirkende Organismen spielen sie aber eine bedeutende Rolle.

Man hat den Nematoden auch die Rolle der Krankheitüberträger zugeschrieben, in der Form, dass man annimmt, sie könnten pathogene Pilze, Bakterien und Protozoen übertragen. Es ist dies nicht bewiesen, aber sehr wohl denkbar. Für die Enchytraeiden dürfte das gleiche mit demselben Recht auch angenommen werden. Es wurde an anderer Stelle auch ausgeführt, dass sich bald nach der ersten Einwirkung der eingewanderten Enchytraeiden eine reiche Mikroorganismenfauna entwickelt, die von da ab an der Zersetzung der pflanzlichen Gewebe einen hervorragenden Anteil nehmen dürfte. Die Frage, ob die ersten Keime der Fäulnisorganismen nun durch Enchytraeiden eingeschleppt wurden oder einen andern Weg bei der Einwanderung betraten, ist schwer zu entscheiden.

Die einzelnen Lebewesen sind in ihrer Wirksamkeit so eng miteinander verknüpft, dass es oft schwer hält, einen gültigen Entscheid zu treffen, welcher Form die eine oder andere Erscheinung zugeschrieben werden muss. So verhält es sich in gewissen Fällen auch bei den Bodennematoden und bei den Enchytraeiden. Es lässt sich heute aber so viel mit Sicherheit feststellen, dass die Enchytraeiden und wahrscheinlich auch gewisse Nematoden (Dorylaimen) an der im Erdreich, das heisst dessen oberflächlichen Schichten beständig vor sich gehenden Zersetzung einen bedeutenden Anteil nehmen. Im Freien treffen wir sowohl die betreffenden Nematoden als auch die Enchytraeiden immer nur in jenen Erdschichten, die mit pflanzlichen Bestandteilen durchsetzt sind. Es ergibt sich daraus, dass man die grösste Zahl der genannten Formen an den Pflanzenwurzeln oder in einem nahen Umkreise trifft. Daraus verfehlte man nicht den Schluss zu ziehen, dass es sich um Parasiten oder doch temporäre Parasiten handle. Die Frage ist aber nicht so einfach.

Das massenhafte Vorkommen von Nematoden an den Wurzeln von gesunden und kranken Pflanzen ist bekannt. Interessante Angaben finden sich pag. 16 in der zitierten Arbeit von Marcinowski, wo an den Wurzeln eines Weizenkeimlings in zirka 1 ccm Erde annähernd 100 Nematoden gefunden wurden. Marcinowski schreibt darüber: „Ein solches massenhaftes Vorkommen gerade an den Wurzeln ist doch kaum anders zu verstehen, als daraus, dass die Nematoden eben von den Wurzeln leben. Aber die gesunde Pflanze erträgt selbst eine

grosse Menge derartiger Gäste scheinbar ohne grossen Schaden. Krankheitserscheinungen waren an der Wirtspflanze der oben aufgeführten Nematoden nicht nachzuweisen. Vielleicht findet sich für das Vorkommen der genannten Nematoden an den Wurzeln später einmal eine andere Erklärung als die durch die Annahme eines zeitweisen Wurzelparasitismus".

Ich glaube diese hier hervorgehobenen Worte des Autors nicht anders zu verstehen, als dass die Erklärung des zeitweisen Parasitismus nicht ganz befriedigen kann. Da nun, wie ausgeführt, die Bodennematoden und die Enchytraeiden so viele übereinstimmende Erscheinungen bewirken, so liegt die Vermutung nahe, dass in gewissen Fällen, eine oben für die Enchytraeiden, d. h. ihr Verhalten gegebene Erklärung auch bei den Nematoden die obwaltenden Verhältnisse erfassen würde. Zum mindesten dürfte es sich lohnen zu untersuchen, ob nicht oft bei grossen Bevölkerungsziffern zwischen den einzelnen Arten ähnliche Zusammenhänge bestehen, wie ich sie hier für die Enchytraeiden und gewisse Nematoden klar gelegt habe. Darauf deuten nämlich verschiedene bei den Nematoden bekannte Erscheinungen. So z. B. ist bekannt, dass die Zahl der Älchen in nicht anderweitig beschädigten Pflanzen allgemein geringer ist, als bei solchen, die eine primäre Beschädigung aufweisen. Das Vorkommen von semiparasitischen Nematoden in Pflanzen, die durch parasitische Formen schon beschädigt sind, ist schon oft konstatiert worden. „Es gehört", sagt Marcinowski, „wie das gemeinsame Auftreten der *Cephalobus*- und *Rhabditis*-Arten mit *Oscinis* und *Hylemyia* zu den Sekundärinfektionen, wie ich hier alle Invasionen von Nematoden in aus anderen Ursachen erkrankte Pflanzen nennen möchte. Sie sind eine sehr verbreitete Erscheinung und in mehrfacher Hinsicht von Interesse. Sie sind typisch für die Semiparasiten, während die Parasiten durchaus dazu neigen, in gesunde unversehrte Pflanzen einzudringen". In diesen Erscheinungskomplex gehört z. B. das häufige und gemeinsame Auftreten von Fritfliege und Stockälchen, worüber Jungner (1903 und 1904) berichtet. Leider ist dieser Fall experimentell, soweit mir bekannt, nicht untersucht, und es lässt sich deshalb über die gegenseitigen Beziehungen der beiden eine Wirtspflanze bewohnenden Formen kein definitives Urteil abgeben. Sicherlich aber verstecken sich hinter den Begriffen „Semiparasiten" und „Sekundärinfektionen" recht enge Beziehungen zwischen den beiden Lebewesen, Beziehungen, die unter Umständen unter gewissen Modifikationen, denen von mir für Enchytraeiden und gewisse Nematoden, sowie Enchytraeiden und der Larve von Hylemyia dargestellten ähnlich sein könnten.

Marcinowski kommt in bezug auf die Frage der Bedeutung dieser Nematoden für Pflanzen zum Schlusse, dass die semiparasitischen Arten mit Ausschluss der Monochen und Dorylaimen nicht als Schädlinge aufzutreten pflegen. „Der geringe Schaden, den sie bei Sekundärinfektionen verursachen, darf nicht eben hoch angeschlagen werden; er läuft im wesentlichen nur auf Beschleunigung eines Zerstörungswerkes hinaus, das sich sowieso im Gange befindet“. Es fragt sich nun noch, ob dieses Zerstörungswerk in gewissen Fällen und unter bestimmten Umständen nicht gerade durch diese sekundären Einwanderer eingeleitet wird und ob unter anderen Umständen die gleichen sekundär hinzutretenden Lebewesen nicht eine Gesundung der Pflanze hervorbringen. Für letztere Erscheinung spricht eine Beobachtung an den Kleekeimlingen, die von *Tylenchus dipsaci* angegriffen waren und in die sekundär *Cephalobus elongatus* einwanderte. Eine Untersuchung der stockkranken Pflanzen, die sich durch normales Feuchthalten zusehends erholten, ergab, dass kein einziger Tylenchus mehr in ihnen vorhanden war, dagegen aber *Cephalobus elongatus*.

Marcinowski schliesst daraus folgendermassen: „Da die deutlich ausgeprägten Krankheitserscheinungen sowie die Anwesenheit des nur sekundär infizierenden *Cephalus* eine ursprüngliche Besetzung der Pflanzen mit *Tylenchus dipsaci* als sicher erscheinen lässt, zumal da sämtliche einen Tag früher untersuchten ebenso erkrankten Pflanzen Tylenchen enthielten, so bleibt nur die Annahme übrig, dass diese Tiere beim Welkwerden der Pflanzen aus diesen ausgewandert waren, während die Cephaloben deren Existenz nicht so unbedingt an den lebenden Zustand ihrer Wirtspflanze gebunden ist, in derselben verblieben“. Die gleichen Beobachtungen konnten auch an mit *Tylenchus tritici* besetzten Weizenpflanzen gemacht werden.

Nun fragt sich eben, ob bei den Nematoden d. h. den zur Beobachtung gelangten Fällen die Zustandsänderung der Pflanze das Auswandern des primären Krankheiterregers bewirkt hat. Nachdem durch mehrfache Versuche bei Enchytraeiden und gewissen Nematoden festgestellt wurde, dass das Verschwinden des primären Einwanderers sich auf gewisse Lebensäusserungen des zweiten und nachher eingewanderten Bewohners gründet, so ist es nicht von der Hand zu weisen, dass unter Umständen auch in den genannten Fällen die Beziehungen der beiden Pflanzenbewohner in ähnlicher Weise sich fühlbar machten. Das Auswandern gewisser Nematoden aus der kränkelnden Wirtspflanze wäre also weniger eine nützliche Anpassung an ihre

spezielle Lebensweise, als eine Folge gegenseitiger tierischer Einwirkungen.

So lässt sich durch eine vergleichsweise Betrachtung der beiden Tiergruppen feststellen, dass sie in ihren Lebensäusserungen oft überraschende Ähnlichkeit aufweisen, und deshalb dürfte für gewisse Nematoden auch die Bedeutung der Bodenkultur mit derjenigen der Enchytraeiden einigermasse überneinstimmen.

C. Anatomische Untersuchungen an Enchytraeiden.

Die Lebensäusserungen eines Tieres sind begründet in der morphologischen und anatomischen Beschaffenheit des Körpers. Daraus ergibt sich ohne weiteres, dass Studien über die Biologie eines Tieres, wenn sie sich nicht nur mit der Feststellung bestimmter Erscheinungen begnügen wollen, sondern auch eine begründete Erklärung dazu suchen, sich stützen auf die genaue Kenntnis des äussern und innern Aufbaues des Tierkörpers. Es ist daher meine Aufgabe, im vorliegenden zweiten Teil meiner Arbeit die Resultate der Untersuchungen jener Organe und Körperregionen darzustellen, die zur Begründung der im ersten Abschnitt besprochenen Erscheinungen herangezogen werden müssen.

Es gibt schon eine Reihe von Arbeiten, die sich mit der Anatomie und Morphologie der Enchytraeiden beschäftigen, und man könnte daraus schliessen, dass eine nochmalige Besprechung dieser Verhältnisse überflüssig sei. Wenn ich es trotzdem als notwendig erachte, hier auf einzelne Gebiete näher einzutreten, so liegt die Veranlassung dazu einerseits in dem Umstande, dass die im ersten Teil dargestellten Lebensäusserungen durch die Besprechung der entsprechenden anatomischen Verhältnisse sich erst von der schwankenden Basis der theoretischen Schlussfolgerungen reliefartig abzuheben beginnen und anderseits die vorhandenen Arbeiten schon älteren Datums sind, so dass es, wie die Untersuchung bewies, sich lohnt, mit Hülfe der neuern technischen Hülfsmittel und Methoden an die Aufgabe heranzutreten.

Als in dieser Richtung einer Untersuchung notwendig, ergeben sich besonders zwei Organsysteme, nämlich:

1. Das Digestionssystem (Ernährungs-Organe).
2. Das Reproduktionssystem (Fortpflanzungs-Organe).

Daneben werden uns noch öfters Einzelheiten aus andern Organgruppen beschäftigen, derart, dass nur jene Fragen, die den dargelegten Zielen dienen, besprochen werden (z. B. die Körperbedeckung, Exkretionsorgane etc.).

I. Das Digestionssystem.

Das ganze Digestionssystem zerfällt in physiologischer Beziehung in drei Hauptabschnitte:

1. Die Organe der Nahrungsaufnahme.
2. Die Verdauungsorgane.
3. Die Organe, die der Abgabe der unverdauten Überreste dienen.

In Übereinstimmung mit dieser physiologischen Charakteristik des Ernährungssystems, haben wir in anatomischer Beziehung zu unterscheiden zwischen

1. Dem Vorderdarm (Stomodeum).
2. Dem Mitteldarm (Mesodeum).
3. Dem Enddarm (Proctodeum).

1. Der Vorderdarm.

(Tafel-Figuren 2, 3, 4, 5, 6).

Der Vorderdarm beginnt mit der Mundöffnung. Diese führt in die charakteristisch gestaltete Mundhöhle, die sich in den Schlund fortsetzt und mit einer kropfartigen Anschwellung, dem sog. *Bulbus oesophagi*, endigt.

a) Die Mundöffnung.

Die Mundöffnung (MO) wird in Form einer breiten Querspalte durch den Kopflappen (KL Fig. 2 u. 3) und den Mundlappen (ML) gebildet. Das Öffnen und Schliessen der Mundspalte wird durch Muskelbündel, die aus der Muskelschicht des Leibesschlauches entspringen und an die einzelnen Mundteile inseriert sind, bewerkstelligt. Ich verweise hier auf die Darstellung von Vejdovsky, möchte aber bemerken, dass, wie Fig. 3 zeigt, gerade der genannte Körperteil ungemein reich ist an spezialisierten Muskelzügen. Nur so lässt sich die erstaunliche Beweglichkeit der einzelnen Partien in selbständiger Richtung erklären. Von besonderer Wichtigkeit ist für uns die Beschaffenheit des Mundeinganges.

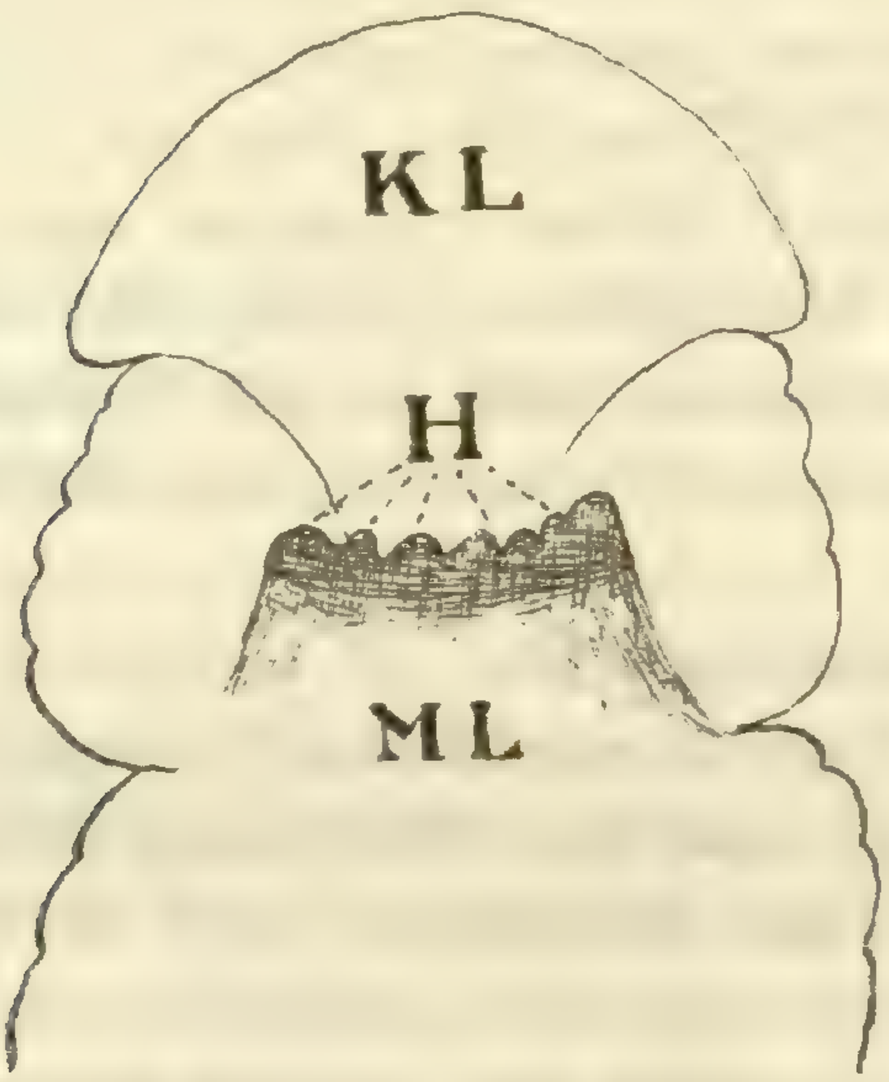
Zunächst kann festgestellt werden, dass unter den zur Untersuchung gelangten Formen der Gattungen *Enchytraeus*, *Fridericia*, *Pachydrilus* und *Henlea* zwei Gruppen in bezug auf die Gestaltung der Mundöffnung deutlich sichtbar hervortreten.

α) Der Mundlappen weist im Bereiche der Mundspalte eine höckerige Beschaffenheit auf.

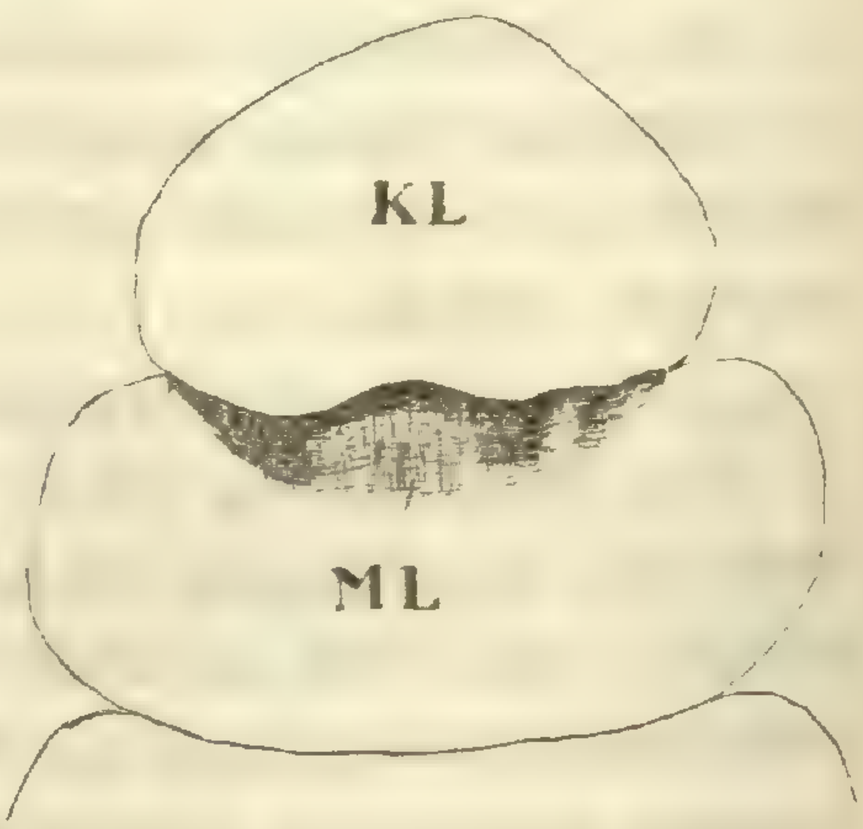
β) Der Mundlappen ist im Bereiche der Mundspalte wulstig, aber glatt.

Die erste Mundlappenform ist in Textfigur 1 dargestellt. Sie liess sich feststellen bei allen von mir untersuchten Formen der Gat-

tung *Fridericia* und häufig bei *Enchytraeus*, dagegen nur in einem Fall bei *Henlea* und gar nicht bei *Pachydrilus*. Das Charakteristische dieser Mundlappenbeschaffenheit liegt in der zackigen Gestaltung. Unmittelbar am Mundeingange erheben sich vom wulstigen Rande des Mundlappens rundliche bis zahnartige Höcker. Die Beobachtungen am lebenden Objekt lassen erkennen, dass sie durch die unter der Hypodermis gelagerten Muskeln bewegt werden können, und zwar derart, dass sie stärker oder weniger stark in das Lumen des Mundeinganges hineinragen. Textfigur 1 zeigt uns eine Ventralansicht bei einem Individuum aus der Gattung *Fridericia* (KL = Kopflappen; ML = Mundlappen; H = Höcker des Mundlappens). Die Höcker oder Zähnchen



Textfigur 1.



Textfigur 2.

des Mundlappens können nun gegen die Wand des Kopflappens gepresst werden, und sie sind so imstande, an den Pflanzenteilen, die in ihren Bereich geschoben werden können, Verwundungen zu verursachen. Offenbar aber ist diese Tätigkeit des Organes nicht die alleinige und vielleicht auch nicht die wichtigste, indem die Würmer nach verschiedenen Beobachtungen ganze Ballen Erde in die Mundöffnung aufnehmen, sie dort zerreiben, um die verwendbaren Stoffe in die Mundhöhle abzuschieben.

Der zweite Typus zeichnet sich aus durch die glatte Oberflächenbeschaffenheit des Mundlappens. Er wurde festgestellt bei den Formen, die der Gattung *Pachydrilus* angehören und bei einzelnen aus der Gattung *Enchytraeus*. Hier bildet der Mundlappen keine Höcker, sondern erscheint als eine in der Mitte stark wulstige Leiste. Textfigur 2 bringt die Einrichtung zur Anschauung. Auch in diesem zweiten Fall ist der ganze Mundlappen (ML) von den in der Tiefe liegenden

Muskeln beherrscht, so dass er gegen die Kopflappenwand gedrückt werden kann und in ähnlicher, wenn auch nicht in so ausgesprochener Weise wirkt wie im ersten Fall.

Über den feineren Bau der genannten Körperstelle orientiert uns Fig. 2. Die Zeichnung stellt einen schrägen Querschnitt dar. In erster Linie nehmen wir gewahr, dass die Körper-Cuticula (C), wo sie in die Mundhöhle einbiegt, stärker wird, und besonders sehen wir, dass sie sich am Rande des Kopflappens im Bereiche des Mundeinganges geradezu in spitze Zähnchen erhebt (MH). Die Erhebungen des Mundlappens sind durchwegs weniger scharf. Interessant ist nun die Richtung dieser Mundhöcker insofern, als diejenigen des Mundlappens nach dem Mundeingange hingerichtet sind, während die Zähnchen des Kopflappens gerade in entgegengesetzter Richtung nach der Mundhöhle zu stehen. Die überaus reiche Haut- und Bindegewebemuskulatur ermöglichen es, dass die beiden Mundteile sehr ausgiebig bewegt werden können, und da ist leicht einzusehen, dass die Gegenstände, die in die Höhlung hineingezogen werden, zerrieben oder zerzupft werden können. Wir können nun auf Grund dieser eben skizzierten Einrichtungen begreifen, dass die den Enchytraeiden zugeschriebene Tätigkeit an der Pflanze sowohl als auch in der freien Erde eine relativ ausgiebige ist.

Die am lebenden Objekt auffallende Beweglichkeit des Kopf- und Mundlappens wird durch das Muskelsystem ermöglicht. Man hat in dieser Beziehung zwei Gruppen zu unterscheiden:

α) Die Hautmuskeln.

β) Die Parenchymmuskeln.

Zu den Hautmuskeln gehört der der Hypodermis anliegende Ringmuskel (RM Fig. 2). Dann treffen wir unmittelbar daran anschliessende Muskeln von röhriger Beschaffenheit. Es sind dies sogenannte röhrenförmige Längsmuskeln (RLM). An letztere schliessen nun die Längsmuskeln (LM) an, die wie Fransen in das Lumen des Querschnittes hineinragen. Gegen die Leibeshöhle werden diese Längsmuskeln durch eine epithelartige Lage, dem sog. Peritoneum (P), zusammengehalten. Der Hohlraum innerhalb dieser Einfassung, als Leibeshöhle bezeichnet, wird von einem äusserst feinen und spärlichen parenchymatischen Bindegewebe durchzogen (KP) = Körperparenchym. Dieses feine Gewebe wird nun durchsetzt von zahlreichen nach verschiedenen Richtungen verlaufenden Muskelzügen (PM).

Nach aussen von dem Ringmuskel befindet sich die Hypodermis (Hy), jene Zellschicht, die im Bereiche der Mundöffnung eine Veränderung erleidet. Während an den übrigen Körperteilen die Hypodermis

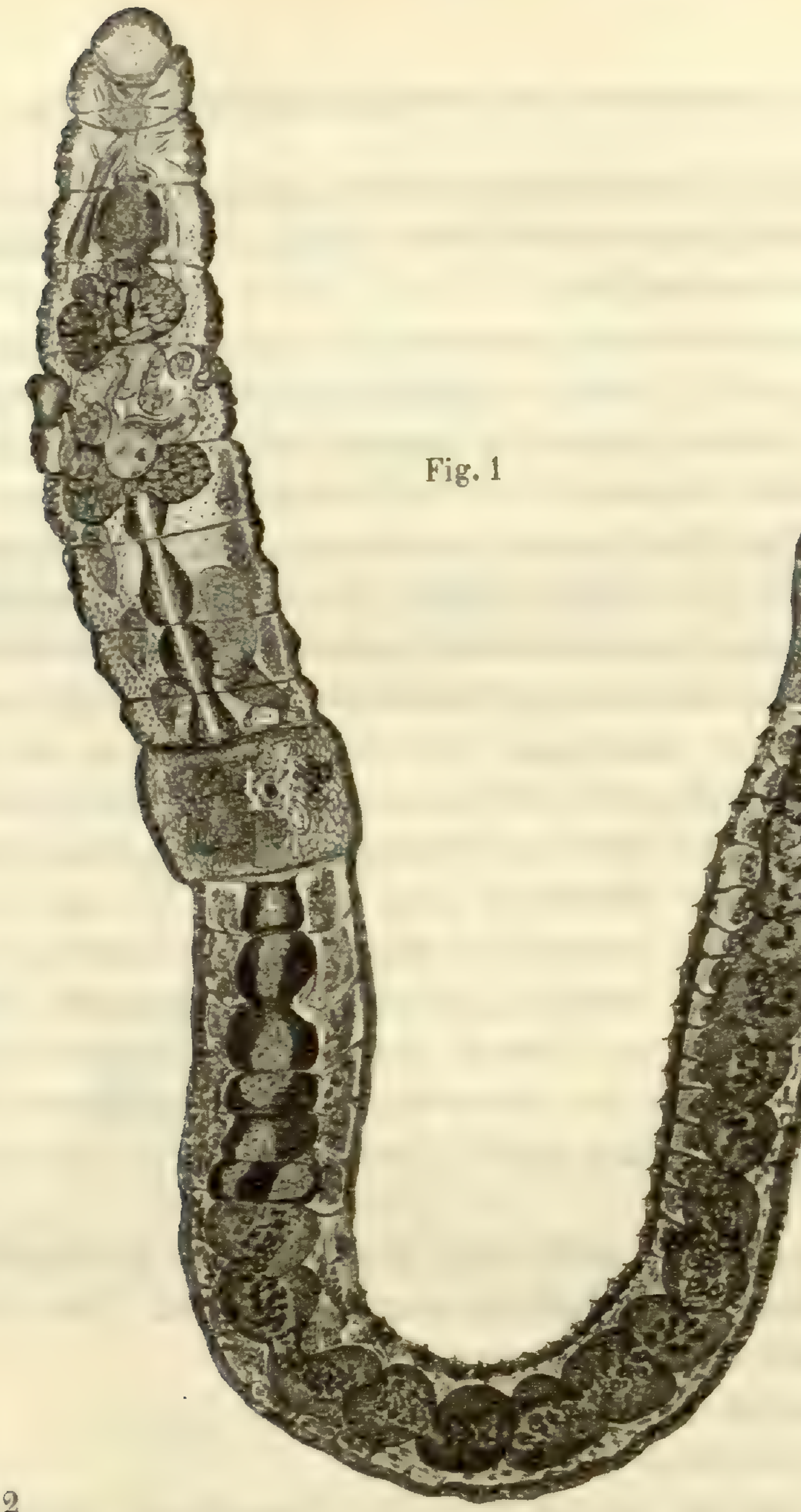
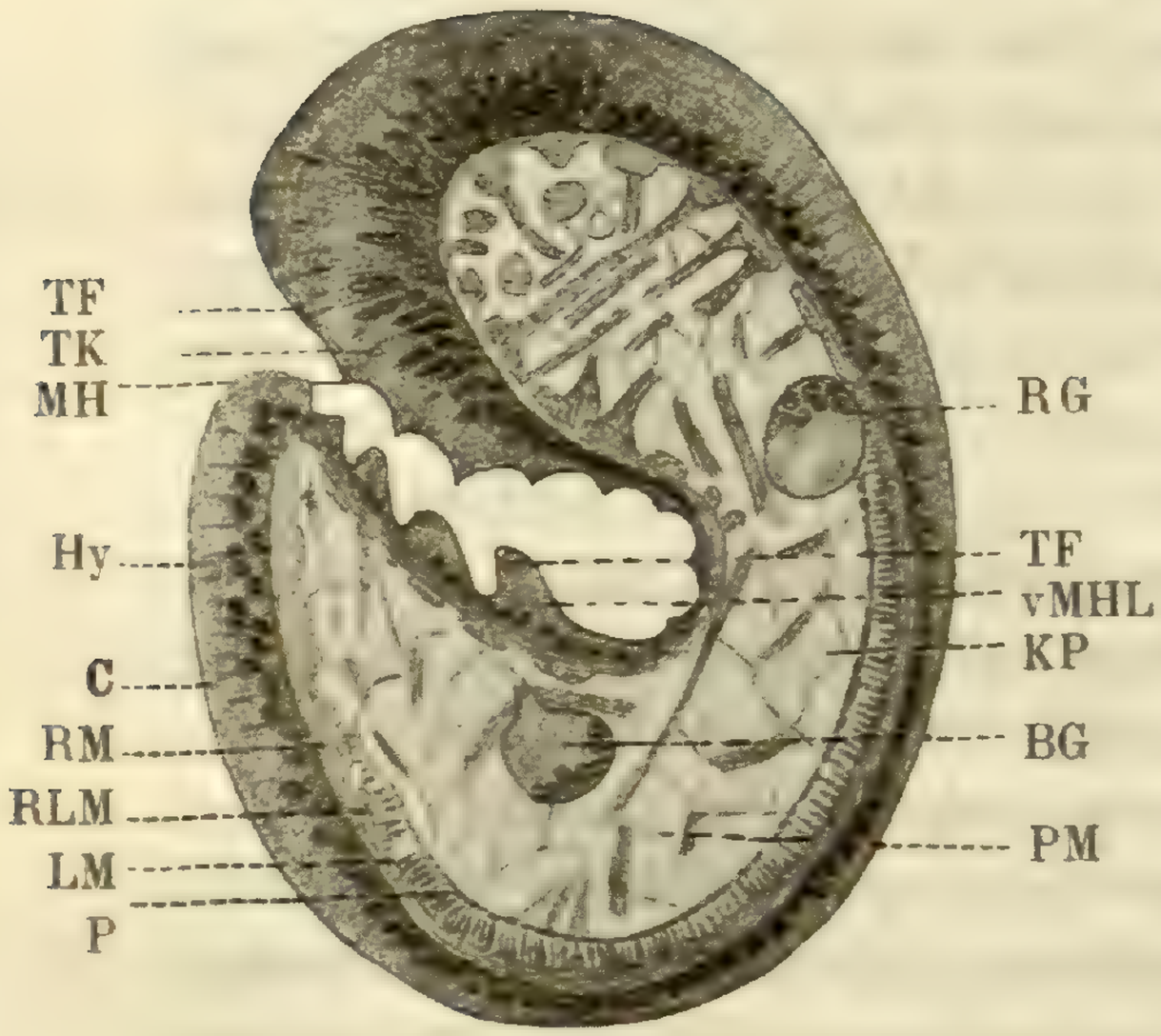
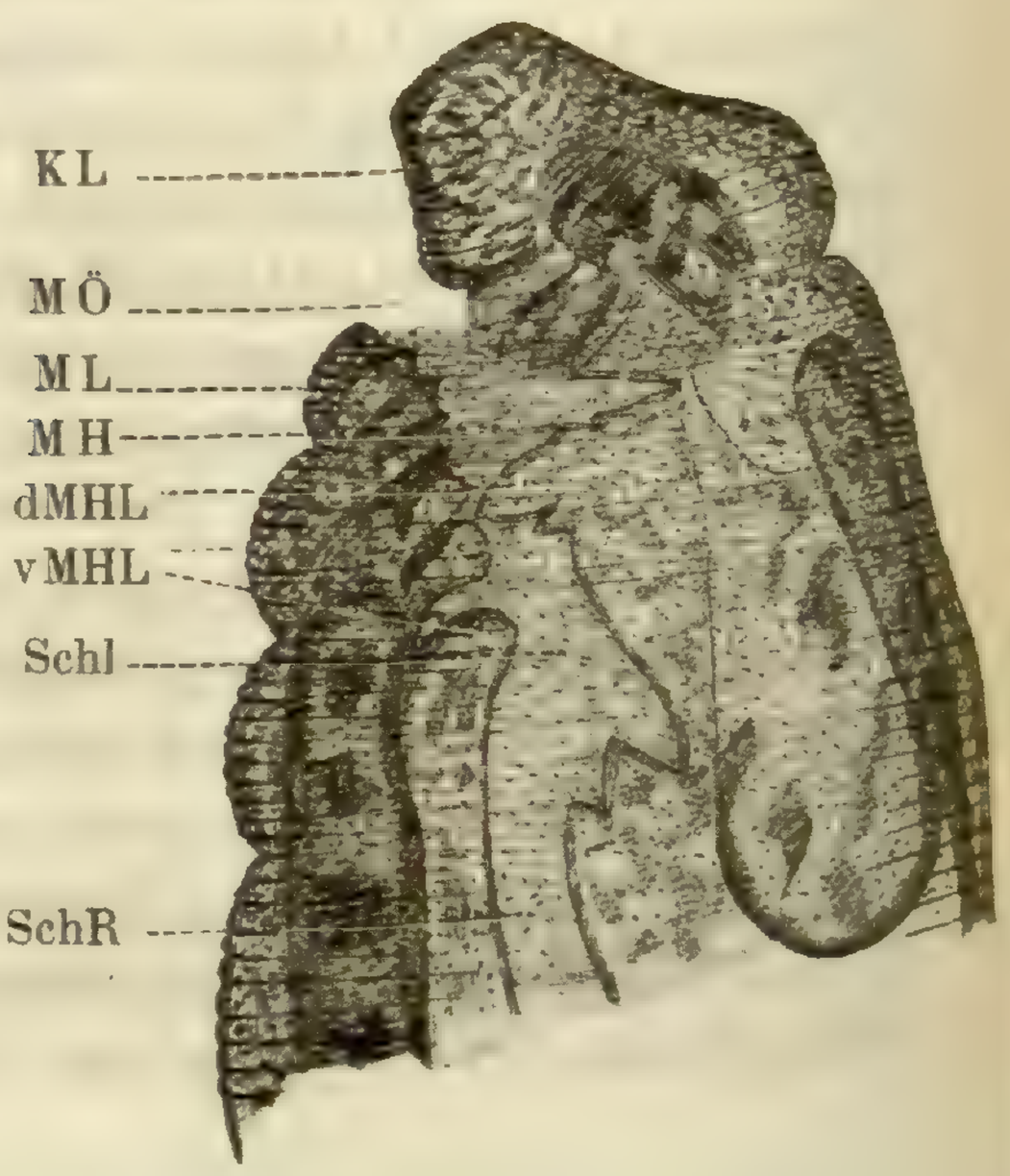


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3.





sich aus würfelförmigen Zellen zusammensetzt, werden die Hypodermiszellen der Mundöffnung prismatisch. Sie wachsen zu einem sogenannten Zylinderepithel aus. Dabei ist es auffallend, dass die grossen Zellkerne sämtlich der Ringmuskelschicht genähert sind, und das Zellplasma nimmt in der Richtung der Cuticula eine feinere Körnelung und ist fast immer durchsichtiger. An diesen äusserst zarten Stellen der Hypodermis, namentlich im Bereiche der Mundöffnung, sind nun Büschel von äusserst feinen Fäden sichtbar, die bis an die Cuticula herantreten. Dies trifft auch bei den zahnartigen Höckern zu. Nach innen zu scheinen sich diese Fäden zu vereinigen und in einem sog. Tastkörperchen (?) zu endigen (TF = Tastfaden; TK = Tastkörperchen). Ohne auf genauere histologische Untersuchungen gegründet, möchte ich eine Deutung dieser äusserst zarten Organe unterlassen. Es mag sein, dass, wie Michelsen ausführt, es sich um Sinnesorgane handelt, und zwar um Tastorgane. Der anatomische Aufbau der Mundhöcker ist, wie aus der Zeichnung hervorgeht, genau der gleiche wie derjenige der äussern Körperbedeckung. Die Hypodermis (Hy) bewirkt durch stellenweise Verlängerung ihrer Zellen die höckerige Beschaffenheit.

Noch bedeutend plastischer kommt die charakteristische Beschaffenheit des Mund- und Kopflappens im Bereiche der Mundöffnung in Fig. 3 zum Ausdruck. Die Zeichnung wurde hergestellt von einem lebend gefärbten Tier der Gattung Enchytraeus. Es liess sich in diesem Fall besonders gut beobachten, wie der Kopf- und Mundlappen durch querverlaufende Parenchym-Muskeln stark nach rückwärts gezogen wird, so dass der Eingang zur Mundhöhle dadurch in weitgehendem Masse erweitert werden kann. Dadurch dürfte es dem Tiere auch möglich werden, sich an Pflanzenwurzeln anzufressen.

b) Die Mundhöhle.

Dem anatomischen Aufbau nach schliesst sich die Auskleidung der Mundhöhle eng an den vorher besprochenen Abschnitt an. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Höcker und Zähne, die wir hier als Mundhöhlenhöcker bezeichnen wollen, an Grösse bedeutend zunehmen. Bald sind es spitze, in das Lumen der Mundhöhle hineinragende zahnartige Gebilde und bald breite, lappenförmige Höcker. Die leichte Verschiebbarkeit in Verbindung mit einer cuticularen Härte an der Oberfläche gestattet es, die in den Mund aufgenommene Nahrung von festen Bestandteilen nach rückwärts dem Darm zuzuschieben. Nach Michaelsen sollen diese Mundhöcker feine Härchen, die er als Geschmackshärchen bezeichnet, tragen. Es sei

denn, dass die verschiedenen Formen sich in dieser Beziehung verschieden verhalten; von derartigen cuticularen Gebilden konnte ich jedoch in allen von mir untersuchten Fällen nicht die geringste Spur beobachten. Es ist übrigens auch gar nicht wahrscheinlich, dass die Mundhöhle die genannten Geschmacksorgane trägt, denn bei Aufnahme fester Nahrung könnten derartig feine Geschmackshärchen doch zu leicht verletzt und der Bestimmung der Geschmacksvermittlung entzogen werden.

Wir kommen nun zur Besprechung der von Vejdovsky und Michaelsen beschriebenen Geschmackslappen der Mundhöhle. Hierin orientiert uns Fig. 3 am besten. Wir ersehen daraus, dass die ventrale Mundhöhlenwand mit zwei grössern Lappen (v. MHL) ausgestattet ist. Sie sind abgerundet und tief in die Unterlage eingeschnitten. Am lebenden Objekt kann wahrgenommen werden, dass die beiden Abschnitte eine ausgiebige Bewegung ausführen, indem sie weit in den Hohlraum vorgeschoben werden können, um im nächsten Moment wieder soweit in die Basis zurückgezogen zu werden, dass man sie leicht übersehen könnte. Was nun den Zweck dieser beiden Gebilde betrifft, so kann ich mich den beiden oben genannten Autoren anschliessen. Es sind offenbar geschmacksvermittelnde Wucherungen der Mundhöhlenhypodermis. Zwar kann auch hier von einer Besetzung mit Tasthärchen nicht gesprochen werden. Demgegenüber lässt sich auf Schnitten feststellen, dass das lichte Zellplasma der der Cuticula anliegenden Partien mit büschelförmigen, feinen Strängen durchzogen ist, die sich nach der Tiefe zu vereinigen, um offenbar in einem dort lagernden Tastorgan zu endigen (Fig. 2 v MHL = Mundhöhlenlappen; TF = Tastfaden).

Was nun die dorsale Mundhöhlenwand betrifft, so geht aus Fig. 3 hervor, dass besonders eine Hervorragung, die wir als d MHL = dorsaler Mundhöhlenlappen bezeichnen wollen, auffällt. Dieser Teil ist ebenso beweglich wie die ventralen Lappen und vermag im aktiven Zustande dieselben zu berühren, so dass dadurch die vordere Mundhöhle von deren hinterer Partie abgeschlossen ist. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der dorsale Mundhöhlenlappen die beiden Partien des Darmeinganges abschliesst, um so bei der Nahrungsaufnahme ein Zurückfliessen der in den Schlund abgeschobenen Nahrung zu verhindern. Man muss nämlich bedenken, dass die ganze Mundpartie, die vor dem dorsalen Mundhöhlenlappen liegt, bei der Nahrungsaufnahme meistens ausgestülpt wird, damit die Höcker und Zähnchen ihre Tätigkeit ausführen können. Es ist klar, dass dadurch auf die nachfolgenden Schlundpartien ein Zug ausgeübt wird, der auch die darin anwesenden

Stoffe zurückziehen würde, was aber durch den genannten dorsalen Mundhöhlenlappen verhindert wird. Wenn Michaelsen sagt, dass ein Ausstülpen des vordern Darmteiles unter natürlichen Bedingungen nicht vorkomme, so müsste vorerst entschieden werden, wie weit diese „vordern Darmpartien“ reichen. Ein Umstülpen der ganzen Mundhöhle habe ich allerdings auch nie wahrgenommen, ausser man veranlasst dasselbe durch einen bestimmten Druck auf das Deckglas. Der vordere Teil der Mundhöhle aber wird, wie schon bemerkt, bei der Nahrungsaufnahme an Pflanzen, d. h. deren Teile, wie Wurzel und Stengel, regelmässig ausgestülpt. Es mag nun wohl sein, dass jene Formen, die sich auf andere Art ernähren, eine Ausstülpung der betreffenden Mundteile nicht nötig haben.

An die Mundhöhle schliesst sich nun der Schlund (Pharynx) an.

c) Der Pharynx (Schlund).

Aus der Mundhöhle führt zunächst ein relativ enges Rohr, das sogenannte Schlundrohr, in den öfters stark angeschwollenen *Bulbus oesophagi*, der in die Speiseröhre übergeht. Wir haben also drei Schlundpartien zu unterscheiden:

α) Das Schlundrohr.
β) Der *Bulbus oesophagi*.
γ) Die Speiseröhre.

Das Schlundrohr bildet eine enge Röhre, die die Verbindung der Mundhöhle mit dem *Bulbus oesophagi* darstellt. Sie geht fast unvermittelt in denselben über.

Einer eingehendern Besprechung bedarf nun der genannte *Bulbus oesophagi*. Man sieht ihn am lebenden Objekt als kropfartige Anschwellung des Vorderdarmes. Wenn er auch bei einzelnen Arten nicht stark hervortritt, so muss doch angenommen werden, dass er bei der ganzen Familie der Enchytraeiden ein charakteristisches Merkmal bildet. Die in dieser Region reichlich ausgebildete Muskulatur bedingt eine intensive Bewegungsfähigkeit des Organes. Dieselbe ist nach verschiedener Richtung hin entwickelt. Es ist überflüssig, hier auf das ausgiebige Muskelsystem, das von allen Seiten an den Bulbus herantritt, einzugehen, da namentlich Vejdovsky und Michaelsen diesem Teil ihre besondere Aufmerksamkeit geschenkt haben und sich in ihren Arbeiten genaue Darstellungen vorfinden. Die Bedeutung des komplizierten Muskelsystems liegt, wie die Autoren erkannten, in der Notwendigkeit einer möglichst intensiven Beweglichkeit des Organes, und wer die Tiere lebend unter dem Deckglas, am besten

durch eine leichte Vitalfärbung behandelt, betrachtet, der sieht, wie der *Bulbus oesophagi* in doppelter Beziehung der Ernährung dient.

1. Durch eine starke Veränderung der Längsachse.
2. Durch Veränderung der Querdimensionen.

Vom kugelig angeschwollenen Organ ist er durch die Muskelwirkungen imstande, sich über mehrere Körpersegmente nach rückwärts auszudehnen, so dass man ihn als fast gleichmässig enges Rohr auffassen könnte. Durch diese in unregelmässigen Intervallen sich vollziehenden Formveränderungen wird die im Bulbus anwesende Nahrung in den Mitteldarm abgeschoben.

In zweiter Linie fallen dann jene Veränderungen der Querdimensionen auf, die sich gleichzeitig mit den eben beschriebenen wiederholen und zugleich aber auch selbständig in Erscheinung treten. Es ist leicht einzusehen, dass durch die abwechslungsweise eintretende Raumvergrösserung auf die Mundhöhlenpartien ein Zug ausgeübt wird, der die dort vorhandenen Nahrungsbestandteile in den Bulbus hineinzieht. Dass beim Zusammenziehen des Organes der Inhalt nicht wieder in die Mundhöhle gedrückt wird, dafür sorgt der dorsale Mundhöhlenlappen (d MHL Fig. 3), der sich eng an die ventrale Mundhöhlenwand anschliesst.

Über den anatomischen Aufbau und die weitere Bedeutung des Organes können uns nur Schnitte aufklären. In Fig. 4 ist ein Querschnitt durch den *Bulbus oesophagi* dargestellt. Die allgemeine Orientierung ist folgende:

Die schwarz gezeichneten äussern Schichten stellen die Körperwand dar (C = Cuticula; Hy = Hypodermis; RM = Ringmuskel; RLM = Röhrenförmige Längsmuskeln; LM = Längsmuskel; P = Peritoneum).

Der mehr oder weniger schmale, weisse Teil LH stellt die Leibeshöhle dar. Es sind in diesem Teile der bessern Übersicht halber alle hier nicht in Betracht fallenden Organe und Organteile weggelassen, wie z. B. die Gefäßstämme, Nervenstränge, Leibesmuskeln etc.

Der innere, gelb gezeichnete Querschnitt stellt nun den Schnitt durch den *Bulbus oesophagi* dar. Seinem Aufbau nach zerfällt das Organ in zwei deutliche Abschnitte.

a) Der ventrale Teil V Fig. 4.
b) Der dorsale Teil D Fig. 4.

Der ventrale und auch die seitlichen Teile des Querschnittes bilden ein normales Darmepithel. Es unterscheidet sich dieser Teil durchaus nicht von der Hypodermis der Körperbedeckung und wir bezeichnen sie deshalb als Darmhypodermis DH. Sie ist in ihrer Entwicklung unregelmässig, d. h. die sie bildenden Zellen sind von verschiedener

Höhe, und der innere cuticulare Abschluss ist deshalb wellenförmig gestaltet. Wir haben schon bei der Besprechung der Mundhöhlenauskleidung darauf hingewiesen, dass der der Cuticula anliegende Saum der Hypodermiszellen eine lichtere Beschaffenheit annimmt. Das Zellplasma ist hier entschieden viel feiner granuliert. Noch in vermehrtem Masse ist diese Beschaffenheit am ventralen Bulbusabschnitt zu erkennen. Durch das helle, äusserst fein granulierte Zellplasma lässt sich eine deutliche Strichelung sehen. Es sind dies, wie schon oben bemerkt, ohne Zweifel die feinsten Endungen von in der Hypodermis eingelagerten Nervenorganen. Michaelsen bezeichnet dieselben als Tastorgane. Wenn man im Bereiche der Mundhöhle dieser Auffassung beipflichten kann, so erscheint mir die Deutung der beschriebenen Elemente in dieser Region nicht als wahrscheinlich. Ich muss jedoch vorläufig davon absehen der Frage näher zu treten.

Weit auffälliger hat sich nun aber die dorsale Darmpartie dieser Region gestaltet. Die Hypodermis in ihrer für den ventralen Abschnitt charakteristischen Gestalt hat sich vollständig verändert. Die zylinderförmigen Zellen haben sich z. T. stark verlängert und bilden stellenweise eine hohe prismatische Schicht. Auf diese Weise kommt eine wulstartige Wucherung zustande, die den grössten Teil des Darmlumens einnimmt. Die Zellkerne, wie sie in der Hypodermisschicht zu sehen sind, haben sich zweifellos verlagert, indem sie an den innern cuticularen Saum gerückt werden (ZK), sodass man wohl nicht fehl geht, jene Schicht als die Hypodermis des dorsalen Darmteiles zu bezeichnen. Der übrige grösste Teil des Organes hat infolge seiner besondern Funktion eine andere Beschaffenheit angenommen. Die Zellen sind von hoher prismatischer Gestalt, in ihren Umrissen allerdings schwer zu erkennen. Die Zellkerne sind gross und da sie sich äusserst stark färben, muss angenommen werden, dass sie chromatinreich sind. Sie haben sich der Form der Zelle insofern angepasst, als sie sich zu länglichen Gebilden umwandelten. Das Zellplasma ist grob granuliert. Wenn man diesen Aufbau mit den nachher zu besprechenden weitern Eigentümlichkeiten des Organes zusammenfasst, so wird es zur Gewissheit, dass die besprochenen Zellen einen drüsigen Charakter angenommen haben. Es sind also, wie schon Vejdovsky vermutete, Drüsen, die ihre Sekrete in die Bulbushöhle absondern. Die ganze Hypodermis hat sich also infolge der besondern Funktion eines Teiles ihrer Elemente in doppelter Richtung entwickelt.

1. Als Sekret absondernde Drüsenzellen DZ.
2. Als gewöhnliche Hypodermisschicht DH.

Nun hat namentlich Michaelsen in seiner Abhandlung „Unter-

Fig. 4

Fig. 5

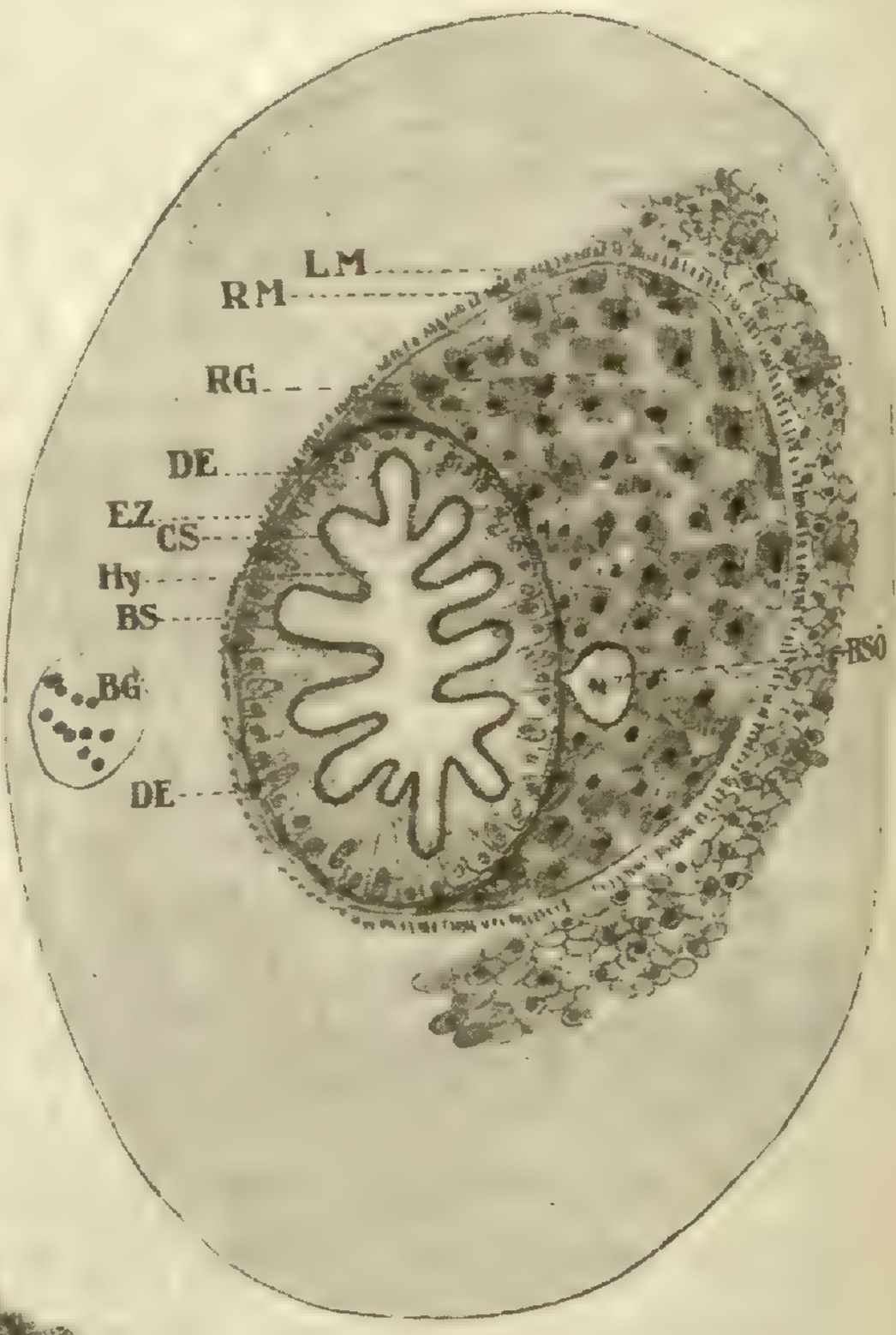


Fig. 7

Fig. 6

suchungen über *Enchytraeus Möbii*" von den Bulbuswulst durchziehenden Kanälen gesprochen, die er in seinen Abbildungen als geradverlaufende Risse im Zellkomplex des Organes darstellt. Der Autor fasst nun die als Kanäle gedeuteten Öffnungen auf als die Ausführgänge der Septaldrüsen.

Da es mir niemals gelang, an den an verschiedenen Arten ausgeführten Schnitten eine derartige Verbindung zu beobachten, so muss fast angenommen werden, dass es sich im angedeuteten Fall um eine irrige Deutung der Verhältnisse handelt. Michaelsen hat übrigens schon die drüsige Natur der Bulbusanschwellung nicht erkannt, und er neigt der Ansicht zu, das ganze Organ diene der Zerkleinerung der zugeführten Nahrungspartikel. Demgegenüber spricht schon Vejdovsky von der sekretorischen Tätigkeit jener Darmstellen.

Da es in Verbindung der im biologischen Teile dargestellten entsprechenden Erscheinungen bei der Ernährung und bei der Eibildung von Wichtigkeit ist, das Organ in seinem anatomischen Aufbau klar zu erkennen, so werden sich meine bezüglichen Ausführungen rechtfertigen lassen. Wir gelangen in der Besprechung nun zu den von Michaelsen beschriebenen Kanälen.

Fig. 4 zeigt uns, dass der ganze Bulbuswulst ein reich gelapptes Organ darstellt. Die Einsenkungen und Risse sind nicht gerade, vielmehr sind sie derart angeordnet, dass, ähnlich wie in der Mundhöhle, jedoch viel reicher, Lappen gebildet werden, die in das Darmlumen vorspringen. Wir wollen diese Gebilde als Bulbuslappen bezeichnen (BL). Die Oberflächenschicht dieser Lappen ist nun eine ähnliche, wie sie schon bei der Hypodermis des ventalen Teiles V geschildert wurde. Der cuticulare Überzug, der der Körpercuticula entspricht, ist im Bereiche der Bulbuseinbuchtungen sehr viel zarter geworden. Man kann ihn als eine feine Cuticula von einer enormen Zahl von Poren siebartig durchbrochen auffassen. Wie beim übrigen Darm folgt auf die Cuticula die Hypodermis, die zwar stark reduziert erscheint. Immerhin sind die Zellkerne noch deutlich sichtbar, und ganz besonders gut ausgebildet ist der cuticulare Saum (cS). Hier tritt er ganz deutlich als feingestrichelte Einfassung des ganzen Organes hervor. Diese Strichelung rührt von den hier mündenden feinen Drüsenkanälchen her, die aus dem Drüsengewebe des Bulbus die Sekrete in den Bulbushohlraum leiten.

Es liegt nach Kenntnisnahme der vorliegenden Untersuchungen gar keinem Zweifel unterworfen, dass der *Bulbus oesophagi* eine drüsige Anschwellung darstellt, hervorgegangen aus der Darmhypodermis. Von irgendwelchen Vorrichtungen, die zum Zerkleinern der

Nahrung dienen würden, ist nichts zu bemerken. Zudem stellt Michaelsen selbst auch fest, dass der Bulbuswulst keine Muskeln besitzt, was in Verbindung mit dem eben Gesagten auf eine sekretorische Funktion hinweist. Das Muskelsystem, das der Bewegung des Organes dient, tritt von aussen an den Bulbus und hat mit dessen innerm Aufbau nichts zu tun.

Somit lässt sich fesstellen, dass der Bulbus oesophagi nach zwei Richtungen hin für die Ernährung von Bedeutung ist.

1. Durch seine intensive Beweglichkeit als Organ, das die aufgenommene Nahrung in den Darm befördert.

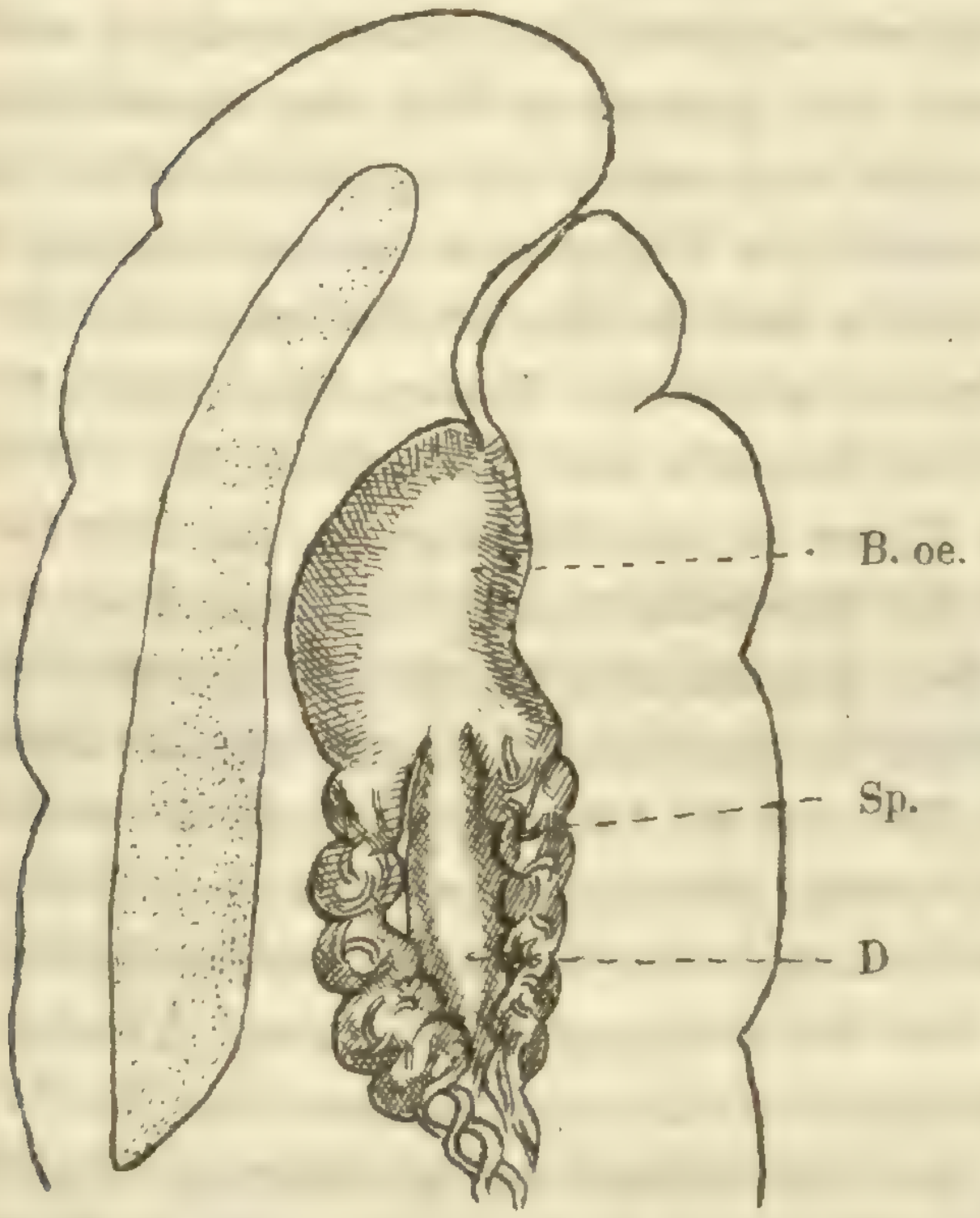
2. Durch Absonderung von Drüsensäften der Verdauung dienend.

Es könnte durch diese Feststellungen nun die Frage aufgeworfen werden, ob der Bulbus oesophagi unter diesen Umständen nicht dem Mitteldarm zuzuzählen sei. Es liesse sich eine solche Abgrenzung der einzelnen Darmteile wohl rechtfertigen; denn man begrenzt den Mitteldarm gerade mit Rücksicht auf die Verdauungstätigkeit. Wenn hier aber das genannte Organ trotzdem zum Vorderdarm gerechnet wurde, so ist dies aus rein morphologischen Gründen geschehen.

An der Basis des Bulbus oesophagi münden nun die beiden Speicheldrüsen (Fig. 5 Sp). Wir haben im biologischen Abschnitt dargetan, dass die Sekrete der genannten Drüsen sowohl in Ernährungs-physiologischer Beziehung als auch für die Zersetzungsprozesse organischer Stoffe im Boden von grosser Bedeutung sind. Zur Besprechung gelangen hier die Speicheldrüsen von *Enchytraeus humicultor*. Die Morphologie dieser Organe ist bei den verschiedenen Gattungen stark variierend, wie schon Vejdovsky in seiner Abhandlung feststellte. Derselbe Autor kommt zum Schlusse, dass sie in der Gattung *Pachydrilus* fehlen. Meine Untersuchungen haben mir aber gezeigt, dass sie auch da vorhanden sind, nur bedeutend kleiner. Es ist übrigens, nachdem ihre Bedeutung erkannt wurde, nicht anzunehmen, dass diese für das Leben des Individuums so wichtigen Organe einer Gattung, die ungefähr dieselben Lebensäusserungen zeigt wie die andern, fehlen sollen. Ebenso glaube ich auf Grund dieser Feststellungen dem Autor nicht beipflichten zu können, wenn er die Speicheldrüsen als modifizierte Segmentalorgane darstellt. Erstere sind nach ihrem Aufbau leicht als Darmausstülpungen zu erkennen, und die einzelnen Drüsenzellen dürften als modifizierte Darmhypodermiszellen aufzufassen sein. Bei den Segmentalorganen ist dieser Zusammenhang lange nicht so offensichtlich und zudem die Verbindung mit dem Darm gar nicht vorhanden. Ich möchte also die Speicheldrüsen als selbständigen Organ-

komplex ohne entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang mit den Segmentalorganen auffassen.

Die Speicheldrüsen stellen bei der genannten Form, wie aus der beigegebenen Textfigur 3 hervorgeht, gewundene Schläuche dar, die sich über 2—3 Segmente nach hinten erstrecken und am Grunde des Bulbus oesophagi in Form von zwei seitlichen Ausstülpungen einmünden. Die Schläuche sind ausgefüllt von nach der Mitte zu sich zuspitzenden Drüsenzellen (Fig. 5 DZ). Zwischen letztern lässt sich ein relativ gut entwickeltes Muskelsystem erkennen (M). Sie bewirken am lebenden Objekt eine ausgiebige Kontraktion des ganzen Organes, wodurch der Inhalt der Zellen in den in viele Windungen gelegten Kanal (K) abgeschoben wird, von wo er sich in den Bulbus ergiesst. Auf Schnitten, in denen einzelne Drüsenzellen günstig getroffen wurden, nimmt man eine feine Strichelung wahr, die am zugespitzten, dem Kanal anliegenden Teile konzentriert ist. Es sind dies sicherlich die feinen Abzugskanälchen für die gebildeten Sekrete. Die Grösse der Zellen, sowie die verhältnismässig starke Ausdehnung des ganzen Organes lassen erkennen, dass relativ grosse Sekretquantitäten zur Absonderung gelangen können, was nach gewissen Beobachtungen, die im Abschnitt über Biologie besprochen wurden, auch bestätigt wird.



Textfigur 3.

Der auf den Bulbus oesophagi folgende kurze Abschnitt wird als Speiseröhre bezeichnet und infolge dessen noch zum Vorderdarm gezählt. Trotzdem einige wichtige Gründe für die Zugehörigkeit des genannten Darmabschnittes zum Mitteldarm sprechen, wollen wir auf diese mehr theoretischen Erörterungen hier nicht eingehen und die festgelegte Einteilung beibehalten.

γ) Die Speiseröhre.

Die Speiseröhre stellt ein enges Rohr dar, das bis in das 6. und 7. Segment reicht. Die Nahrung wird durch die intensive Muskel-

tätigkeit des Bulbus durch die Röhre in den Mitteldarm hinunter gedrückt.

Es ist nämlich auffallend, dass im genannten Darmabschnitt selten Nahrung nur kurze Zeit verbleibt; sie wird unter beständigem Druck und Zug in Fluss gehalten. Jedoch ist es nicht die Muskeltätigkeit allein, die die beschriebene Wirkung hervorbringt; vielmehr besitzt das hintere Ende der Speiseröhre eine Beschaffenheit, die es erlaubt, der Ernährung in doppelter Beziehung zu dienen, nämlich:

1. Als Schubmittel zum Abtransport der Nahrung in den Mitteldarm.
2. Als in gewissem Masse die Verdauung einleitender Darmabschnitt.

Zur Veranschaulichung dieser anatomischen Einrichtungen wird in Fig. 6 ein Querschnitt durch den genannten Teil der Speiseröhre gezeichnet. Das dem Mitteldarm eigentümliche Zylinderepithel ist hier auf gewisse Partien reduziert. Es folgen sich in regelmässigem Wechsel eine Zylinderepithelschicht und eine festere Lamelle, die vielleicht eine chitinöse Beschaffenheit aufweist. Erstere bezeichnen wir als Epithel-Lamelle (EL) und letztere als Chitinlamelle (ChL). Die Chitinlamellen ragen wie Zähne in das Darmlumen vor. Ihr Bildungsherd befindet sich, wie der Querschnitt zeigt, zweifellos an der Basis, wo eine zapfenartige, fein geschichtete Partie von der Muskelschicht in die eigentliche Lamelle herunterreicht. Durch die den Darm umgebende Ringmuskelschicht (RM) und die Längsmuskeln (LM) werden die Lamellen bewegt, wodurch durch abwechslungsweises Vorschieben und Zurückziehen neben dem Fortschub der Nahrung dieselbe zugleich auch noch zerkleinert wird. Die Epithellamelle (EL) steht hingegen nach dem innern Hohlraum hin in offener Kommunikation. Die Epithelzellen besitzen grosse Kerne, und das Plasma ist grobkörnig, ähnlich wie man es bei ausgesprochenen Drüsenzellen zu finden pflegt. Es ist deshalb anzunehmen, dass die in Schichten zwischen die Chitinlamellen eingeengten Epithelzellen hier einen drüsigen Charakter annehmen und Verdauungssekrete absondern.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass der Endabschnitt der Speiseröhre für die Darmfunktion von ganz besonderer Bedeutung ist.

Damit ist die Besprechung des Vorderdarmes beendigt und wir gehen über zum Mitteldarm.

2. Der Mitteldarm.

(Tafelfiguren 7, 8 und 9.)

Der Mitteldarm, der in physiologischer Richtung als Verdauungsdarm bezeichnet werden kann, ist in seinem Aufbau vollständig vom genannten Momente beherrscht.

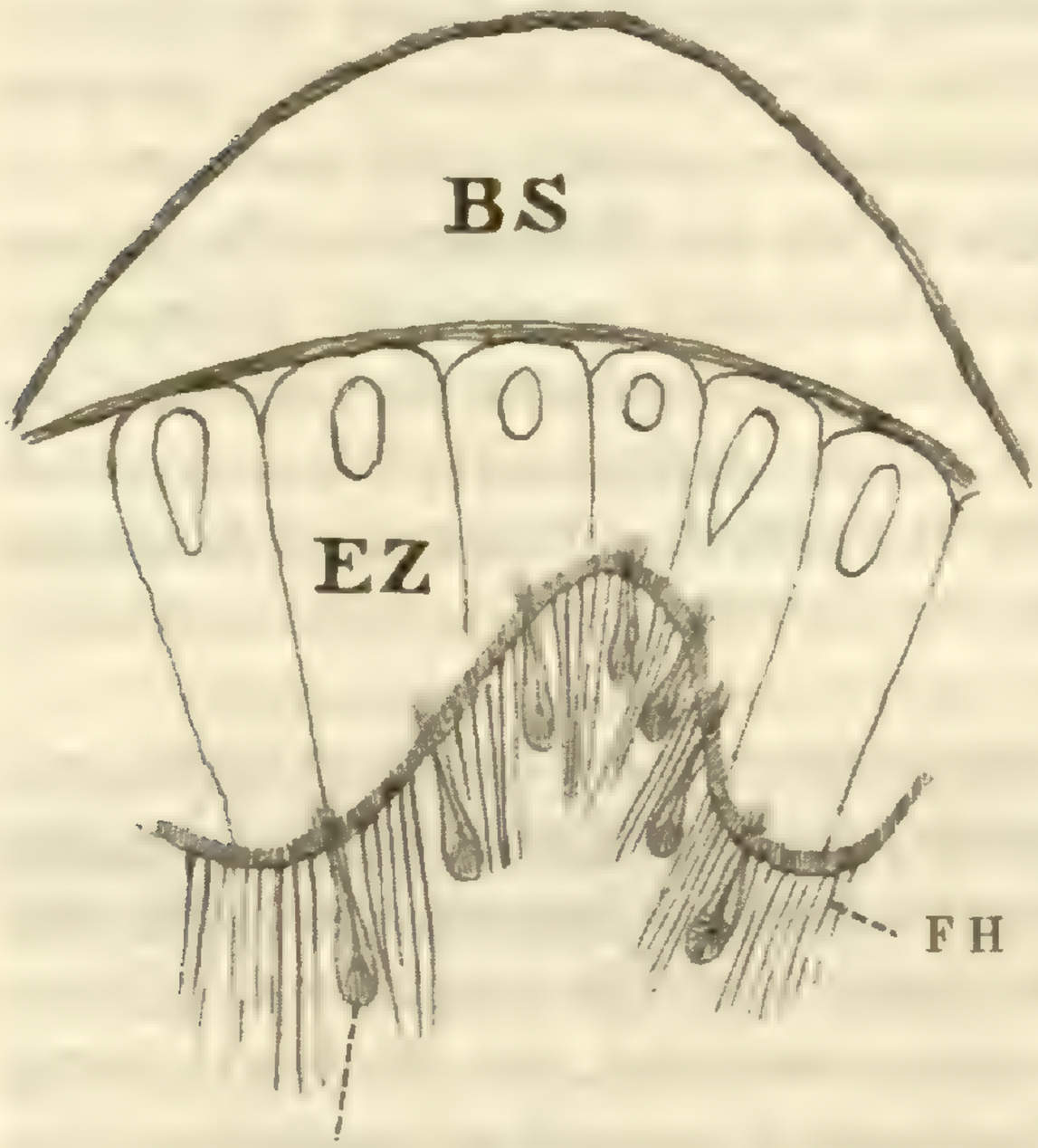
Der anatomische Bau des Mitteldarmes ist von aussen nach innen folgender:

Das Darmrohr wird von einer zarten, kernhaltigen Epithelschicht umschlossen (DE Fig. 7). Darauf folgt das in seiner Ausdehnung unregelmässig ausgebildete Zylinderepithel (CE Fig. 8). Die einzelnen zylinderischen Zellen sind in ihrem Längsdurchmesser sehr verschieden und daher rührt es, dass das Darmlumen durch längsverlaufende Furchen gebildet wird. Auf dem Querschnitt ist es als weich gelappte Höhlung sichtbar. Wie schon bei der Besprechung des Vorderdarmes bemerkt wurde, tragen die der Darmhöhlung zugekehrten Enden der Epithelzellen einen cuticularen, scharf hervortretenden Saum (CS). Er wird hier durch eine dichte Reihe feiner Haare gebildet, die noch weit in das Darmlumen hineinragen (Hy). Schon die Stellung der Haare und ihre relative Grösse, lassen vermuten, dass es sich um Flimmerhaare handelt, die durch ihre beständige Bewegung die Fortschaffung des Nahrungsbreies unterstützen. Diese Auffassung wird auch durch die Beobachtung am lebenden Objekt gestützt, indem man in besonders günstigen Fällen die Bewegung des Haarbesatzes deutlich erkennen kann.

Die Untersuchung mit Immersionssystem auf Schnitten ergibt nun aber noch die interessante Tatsache, dàss die Haare nicht gleichartig ausgebildet sind. Neben den langen echten Flimmerhaaren trifft man kürzere, die am vordern Ende etwas verdickt erscheinen. Dieses kolbige Vorderende, das in den Darm hineinragt, ist offenbar siebartig von feinen Poren durchlöchert. Von diesen Kommunikationsstellen gehen zarte Kanälchen ins Innere des Kolbens, wo sie sich in einen Zentralkanal vereinigen. Letzterer durchzieht das ganze Gebilde und mündet, den cuticularen Saum durchbrechend, in das Plasma der Epithelzellen. Es sind diese cuticularen Auswüchse offenbar keine Haare, vielmehr scheinen es Organe zu sein, die die verarbeiteten Nahrungsstoffe aus dem Darm in die Epithelzellen leiten, von wo sie zweifellos in den am Mitteldarm ausgebildeten Blutsinus (BS) übertreten. Demnach könnten wir die besprochenen Gebilde als eine Art Darmzotten auffassen (DZ). Wenn hier von Darmzotten gesprochen wird, so muss ich ausdrücklich bemerken, dass ich die genannten Organe nicht etwa in Analogie zu den Darmzotten der Säuger und Vögel setzen möchte. Ich erblicke darin ausschliesslich homologe Gebilde, die, wie ausgeführt, in ihrer Funktion den Darmzotten der höhern Tiere nahe stehen dürften. Eine Eigenbewegung, wie sie die echten Darmzotten infolge Einlagerung von Muskelzügen besitzen, kommt den fraglichen Organen nicht zu. Da aber die Epithelzellen des Darmes an der Basis mit

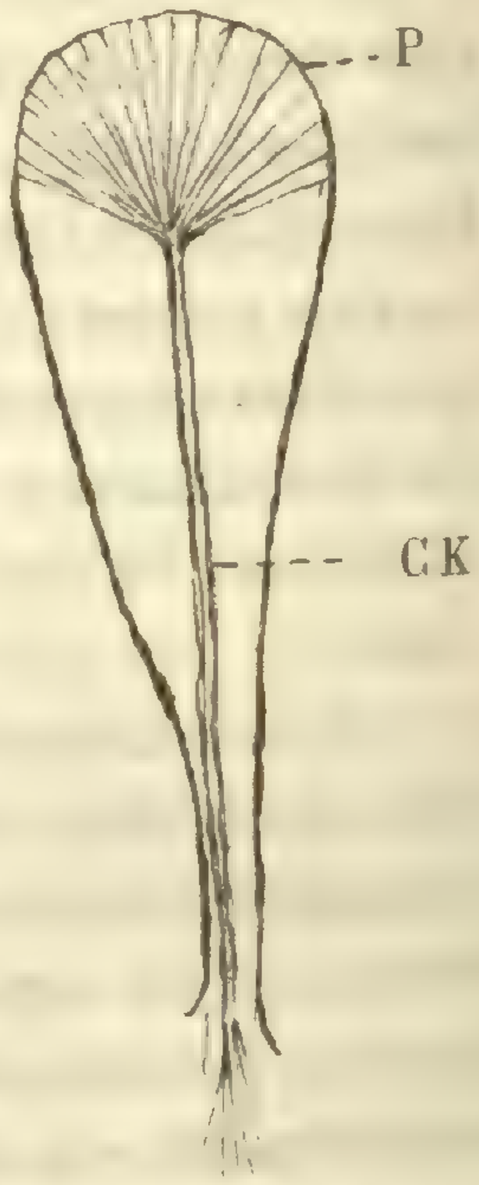
Muskeln in Berührung stehen, so können die kleinen Hervorragungen des cuticularen Saumes in der Längsachse verschoben werden, was auf die das kolbenförmig angeschwollene Ende umgebenden Nahrungssäfte in Form eines Zuges wirkt. Die beiden Textfiguren 4 und 5 bringen die beschriebenen Verhältnisse zum Ausdruck.

Für den Mitteldarm charakteristisch ist nun, wie oben bemerkt, der sog. Darmblutsinus. Eine spezielle Untersuchung des Kreislaufsystems habe ich nicht vorgenommen, da Vejdovsky in eingehender



Textfigur 4.

BS = Darmblutsinus
EZ = Epithelzellen
FH = Flimmerhaare
DZ = Darmzotten



Textfigur 5.

P = Poren
CK = Centralkanal

Weise darüber schreibt. Es können aber die Ernährungsorgane nicht vollständig aus dem Zusammenhange mit dem Blutgefäßsystem herausgerissen werden, wie bei Besprechung der sog. Darmzotten ersichtlich ist, und deshalb muss ich kurz auf die dem Mitteldarm angehörigen Teile eingehen.

Das Rückengefäss, soweit es für den Mitteldarm in Betracht kommt, verhält sich in seinem ganzen Verlaufe nicht einheitlich. Es ist zwischen dem vordern und dem hintern Teil genau zu unterscheiden und zwar derart, dass

1. In den hintern Darmpartien, ein Darmblutsinus vorhanden ist.

2. In den vordern Partien der Darmblutsinus in ein eigentliches Rückengefäss übergeht.

Wir haben in Fig. 7 einen Querschnitt durch das 16. Körpersegment von *Enchytraeus humicultor*. Es ist dies gerade jene Stelle, wo der Darmblutsinus in das Rückengefäss übergeht. Dorsal dem Darm aufgelagert erblicken wir im Querschnitt eine ausgedehnte Fläche (R G), die den ersten Anfang des Rückengefässes darstellt. Gleichzeitig aber bemerken wir, dass die das Gefäss umgebende Muskelschicht sich auch noch um den ventralen Darmschnitt schliesst und zwischen sich und dem Darmepithel (D E) einen schmalen Hohlraum frei lässt, der die letzten Spuren des Darmblutsinus (B S) darstellt. Die Muskulatur des Rückengefässes besteht aus einer Ringmuskelschicht (R M) und einer Längsmuskellage (L M).

Da der Darmblutsinus, wie nachher dargelegt wird, sich geradezu zwischen die Muskel- und Epithellage des Darmrohres legt, so muss beim Übergange in das Rückengefäss eine Durchbrechung dieser äussern Darmumhüllung sichtbar werden. Es geschieht dies in der Weise, dass die Darmmuskellage an der betreffenden Stelle ein relativ enges Rohr umschliesst, das sich in das Lumen des Rückengefässes öffnet. Diese Übergangsstelle ist im gezeichneten Querschnitt getroffen (B S Ö). Die mächtige Ausdehnung des Rückengefässes, wie sie hier zur Darstellung gelangt, wird erklärlich, wenn wir bedenken, dass es sogleich nach vollzogenem Übergange sich öfters herzförmig erweitert. Eine Kommunikation des Rückengefässes mit einem Darmblutsinus in den vordern Segmenten, wie ihn Michaelsen bei *E. Möbii* beschreibt, konnte ich nicht auffinden, und zudem muss ich feststellen, dass in den von mir untersuchten Fällen vom Moment an, wo sich das Rückengefäss entwickelt hat, kein Darmblutsinus sich mehr erkennen lässt. Das Rückengefäss ist in Fig. 1 auf dem Darme als weisser Strang sichtbar (R G). Im Vorderkörper verläuft es seitlich vom Bulbus oesophagi nach vorn, teilt sich in zwei Äste, die im ersten Körpersegment umbiegen und auf der ventralen Seite zusammentretend das Bauchgefäss (B G) bilden. Dasselbe verläuft nun durch den ganzen Körper bis in das letzte Körpersegment. Es lässt sich feststellen, dass in den letzten fünf Segmenten vom Bauchgefäss zahlreiche Seitenstämme abgehen, die in den Darmblutsinus einmünden. Auch der Hauptstamm ergiesst sich in den letztern, so dass der Kreislauf als geschlossene Bahn erscheint.

Als Ergänzung zum Vorausgegangenen wollen wir auch den Darmblutsinus im hintern Teil des Mitteldarms kurz besprechen. In Fig. 8 ist ein Schnitt durch jenen Darmschnitt dargestellt. Wir sehen

ein relativ grosses Darmlumen (D L), in welchem sich die zum grössten Teil schon verdauten Nahrungsstoffe, also deren unverdauliche Reste befinden (F). Die Darmhöhlung ist begrenzt von einer zarten kernlosen Membran wie wir sie schon im Vorderdarm kennen lernten (C). Darauf folgt die an dieser Stelle gleichmässig ausgebildete Zylinderepithelschicht (C E). Im Gegensatz zu den mit Flimmerhaaren besetzten vordern Darmabschnitt, trägt der hintere Mitteldarm keine solchen Gebilde und ich glaube, dass der Abtransport der Fäkalien ausschliesslich durch die peristaltischen Bewegungen des Darmes bewerkstelligt wird. Auf das Zylinderepithel folgt nun der bei *E. humicultor* stark entwickelte und einheitllich gestaltete Darmblutsinus (B S). Die im Vorderdarm das Zylinderepithel bedeckende zarte, kernhaltige Epithellage wird hier abgedrängt (E) und zwischen sie und die Zylinderepithelschicht lagert sich der Darmblutsinus ein. Er umspült den Darm in dieser Region also vollständig. Es ist für die Erkennung der funktionellen Bedeutung dieses Abschnittes nun von Wichtigkeit zu erfahren, dass die im Vorausgegangenen als Darmzotten bezeichneten Organe hier auch noch vorhanden sind; jedoch muss bemerkt werden, dass sie seltener sind und weiter hinten ganz verschwinden. Dieses Verhalten bestärkt uns in der obigen Auffassung, wonach jene Darmzotten der Aufnahme der Nahrungssäfte dienen und diese dem Blutsinus zuführen. Michaelsen beschreibt bei *E. Leydigii* ein Chylusgefäßsystem, das sich als Netz von feinen Kanälchen in den die Blutbahnen umgebenden Epithelien kundgibt. Es ist vorläufig nun noch schwer zu entscheiden, ob wir es in den Darmzotten und den Chylusgefässen nicht mit einem zusammenhängenden Organkomplex zu tun haben.

Im Gegensatz zu Michaelsen muss ich nun feststellen, dass der Darmblutsinus in der Blutflüssigkeit schwimmende Blutkörperchen enthält. Es ist dies m. E. nach auch nur natürlich, besonders dann wenn man feststellen kann, dass die Nahrungssäfte in den Darmblutsinus übergeleitet werden.

Über die Ausscheidung der unbrauchbaren Stoffe aus dem Blut, wie von Vejdovsky und Kückenthal Erklärungen vorliegen, beschäftigten wir uns in der vorliegenden Arbeit nicht, und deshalb ist es mir auch nicht möglich, auf die Bedeutung der Chlorogenzellen näher einzutreten.

Im Anschluss an die Besprechung des Mitteldarmes muss noch auf ein Drüsensystem näher eingetreten werden. Es sind dies jene auch am lebenden Objekte gut sichtbaren Massen, die den Darm im vierten, fünften und sechsten Segment zuweilen vollständig bedecken.

Vejdovsky beschreibt bei *Enchytraeus leptodera* die sog. Leberdrüsen.

Ich werde weiter unten noch einmal darauf zu sprechen kommen. Hier sei nur bemerkt, dass diese vom Autor beschriebene Leberdrüse vielleicht doch in den Kreis der sog. Septaldrüsen gehört, namentlich wird dies nahegelegt durch die Tatsache, dass auch die Septaldrüsen in Wirklichkeit Modifikationen bestimmter Darmteile darstellen.

Sowohl Vejdovsky als auch Michaelsen beschäftigten sich eingehender mit den Septaldrüsen. Durch die genannten Autoren werden die Irrtümer der früheren Autoren in bezug auf die Beschaffenheit und Bedeutung dieser Organe richtig gestellt. Wenn in der vorliegenden Arbeit aber trotzdem nochmals die Rede davon sein soll, so liegt die Veranlassung dazu im Umstande, dass ich die fraglichen Organe auf Grund meiner Untersuchungen als echte Verdauungsdrüsen und in anatomischer Hinsicht als dem Darm zugehörend betrachten muss. Über die Zahl der vorhandenen Septaldrüsen ist man auch nicht einig. Grösstenteils wird von drei Paaren gesprochen. Nach Vejdovsky ist die paarige Anlage durchaus nicht allgemein. Es ist dies ganz wohl möglich, da wie weiter unten ausgeführt wird, die Drüssen in vielen Fällen gelappt sind. Ebenso dürfte es nach Vejdovsky sicher sein, dass in gewissen Fällen auch das siebente Körpersegment mit den fraglichen Drüsen ausgestattet ist.

Die physiologische Bedeutung der Septaldrüsen wird von Vejdovsky nach einer andern Richtung als es in der vorliegenden Arbeit geschieht, dargestellt. Der Autor glaubt, dass sie einmal den Zweck hätten, die Speiseröhre zu schützen. Dann aber wird angenommen, dass die Septaldrüsen jene Flüssigkeit produzieren, die durch die Kopf- und Rückenporen austritt und zur Feuchthaltung der Körperoberfläche dient. Nach den in meiner Arbeit niedergelegten Befunden aber handelt es sich wenigstens in den von mir untersuchten Fällen sicher nicht um eine solche Funktion; ihre Sekrete ergiessen sich zweifellos in den Darm.

Nachdem wir im Vorausgegangenen die Bedeutung der Speicheldrüsen dargestellt haben, und dabei erfahren, dass ihre Sekrete nach aussen in die nächste Umgebung gelangen, also keinen Einfluss auf die Verdauung besitzen, mussten nun die Septaldrüsen in bezug auf ihren Bau und ihre Zusammenhänge mit andern Organen genauer untersucht werden. Fig. 9 stellt einen etwas schrägen Längsschnitt durch das vierte Körpersegment dar. Die beiden angrenzenden Segmente sind, soweit es für die Erklärung gewisser Verhältnisse nötig ist, ebenfalls gezeichnet. Zur Orientierung der Figur sei folgendes bemerkt:

Wir haben im vierten Segment den Darm D im Schnitt. Unmittelbar mit dem Darm im Zusammenhang zeigt sich die hier in drei Lappen getroffene Septaldrüse S. Es ist also die erste der drei vorhandenen Drüsenpaare. Neben diesen Organen liegt in demselben Schnitt die Samentasche R mit ihrem Ausführgang.

Die Septaldrüse stellt also ein gelapptes Organ dar, das in den drei Segmenten in vollkommen gleicher Weise dem Darm anliegt; denselben geradezu umschliesst. Was nun die Zahl der vorhandenen Lappen betrifft, so ist dieselbe bei verschiedenen Gattungen verschieden. Bei Enchytraeus humicultor beträgt sie drei. Es scheint mir den Verhältnissen entsprechend, wenn nach Feststellung der Organform bei fünf Formen der Gattung Enchytraeus diese dreifache Einkerbung regelmässig auftritt, dass es für die Gattung Enchytraeus als charakteristisch aufgefasst werden darf. Bei der Gattung Henlea konnte ich bei den untersuchten Formen nur eine Zweiteilung des Organes feststellen, und schliesslich zeigte bei *Pachydrilus* dasselbe Organ eine einheitliche Gestalt. Ich verzichte vorläufiig noch auf die Bedeutung dieses Umstandes für die Systematik näher einzugehen, weil sich noch einzelne Widersprüche zeigen, und um diese im richtigen Sinne erklären zu können, muss die Zahl der untersuchten Formen noch bedeutend vermehrt werden.

Was nun den anatomischen Bau der Drüsen betrifft, so zeigt uns die Figur, dass die ganze kompakt erscheinende Masse aus kegelförmigen in einem festen Verbande stehenden Zellen besteht. Die breite Basis der Zelle ist nach aussen gekehrt, während das spitze Ende nach innen gerichtet ist. Die Kerne sind gross und chromatinreich, das Protoplasma grob granuliert (DZ). In diesem enggeschlossenen System von Zellen sieht man nun eine Reihe von Kanälen, die den Drüsenhaufen nach allen Richtungen durchziehen (DK). Sie scheinen sich an jener Stelle, wo die Drüse mit dem Darm zusammentritt, zu vereinigen, um in einen Hauptkanal (HK), der in den Darm übertritt, einzumünden, Für die Septaldrüse des vierten Segmentes ist das aus der beigegebenen Figur klar ersichtlich. Aber auch die beiden andern Drüsen, also jene des fünften und sechsten Segmentes münden selbständig in den betreffenden Segmenten in den Darm. Eine Vereinigung der Ausführwege der drei Drüsenhaufen, wie sie Michaelsen bei *Ench. Möbii* beschreibt, konnte ich nicht finden. Sie ist übrigens auch nicht wahrscheinlich, sobald wir erfahren, dass die Drüsen, wie aus der Figur hervorgeht, mit dem Darm verwachsen sind, d. h. sie stellen tatsächlich Darmaussackungen dar. In diesem Fall handelt es sich also um speziell differenzierte Darmabschnitte,

und wir können Vejdovsky nur beipflichten, wenn er bei der ihm vorgelegenen Form die Drüsen als Leberdrüsen bezeichnete. Sie ergiessen ihre Sekrete in dem Anfangsteil des Mitteldarms. Dass sie also in enger Beziehung zur Verdauungstätigkeit stehen, lässt sich nach dem eben Dargestellten nicht bezweifeln. Als echte Verdauungsdrüsen stehen diese Gebilde mit den im Vorderdarm mündenden Speicheldrüsen nicht im Zusammenhang. Selbständige Ausfuhrkanäle jeder Drüsengruppe und deren anatomischer Aufbau lassen klar erkennen, dass wir echte Darmdrüsen, also eine Art Leberdrüsen nach Vejdovsky vor uns haben. Unter diesen Umständen ist eine Verwachsung mit den Disseptimenten auch nicht möglich, was in den von mir untersuchten Fällen auch nirgends zum Ausdrucke gelangt.

3. Der Enddarm.

Der Enddarm erstreckt sich über die vier letzten Körpersegmente. Er ist also im Verhältnis zum Mitteldarm recht klein. Durch seine Beschaffenheit lässt er sich schon am lebenden Objekt vom Mitteldarm leicht unterscheiden (Fig. 1), indem

1. Die wellenförmigen Verschiebungen des Mitteldarmes sich auf den Enddarm nicht aussdehnen, weshalb letzterer eine glatte, regelmässige Gestalt annimmt.

2. Der Enddarm auf seiner Oberfläche keine Drüsenzellen besitzt.

3. Die Körperbedeckung im Bereich des Enddarmes in ihrer typischen Beschaffenheit die Darmwandung bildet.

4. Quer über den Darm verlaufende Muskelzüge im letzten Abschnitt sichtbar werden. Sie bewirken eine Kontraktion des Darmes, wodurch die darin anwesenden Fäkalien nach aussen entleert werden.

Die Anordnung und der Aufbau dieses im letzten Abschnitt reichlich ausgebildeten Muskelsystems erscheint bei genauer Untersuchung in verschiedener Richtung interessant. Es kann aber hier nicht besprochen werden, weil es uns zu weit in Fragen histologischer Natur hineinführen würde.

Damit glaube ich die anatomischen Verhältnisse der der Ernährung dienenden Organe soweit dargestellt zu haben, als es zur Erläuterung der im biologischen Abschnitt erkannten Erscheinungen notwendig ist. Wir können also zusammenfassend folgendes feststellen:

1. Auf Grund der Untersuchungen über den Darminhalt lässt sich erkennen, dass namentlich die jüngeren Tiere sich von pflanzlichen Stoffen ernähren, die in der Hauptsache aber der Fülle der im Erdreich beständig anwesenden, im Zerfall begriffenen Stoffe entnommen

werden. Die älteren Individuen, die der Fortpflanzung obliegen, zeigen in ihrem Darm wenig pflanzliche Stoffe, vielmehr finden wir hier mehr der Erde entnommene Bestandteile.

2. Die morphologische Beschaffenheit der Mundhöhle und der Mundöffnung ist für die Aufnahme pflanzlicher Nahrung eingerichtet.

3. Die Verdauungstätigkeit beginnt schon im *Bulbus oesophagi* und geht aber im ganzen Bereiche des Mitteldarmes vor sich.

4. Die am Grunde des Bulbus oesophagi einmündenden Speicheldrüsen produzieren Sekrete, die durch die Mundöffnung nach aussen entleert werden und für die Nutzbarmachung der in der Erde anwesenden organischen Stoffe von Wichtigkeit sind.

5. Die eigentlichen Verdauungsdrüsen werden durch die sog. Septaldrüsen repräsentiert, die in anatomischer Hinsicht als Darmausstülpungen aufgefasst werden müssen.

II. Die Fortpflanzungsorgane.

Für die Erklärung biologischer Erscheinungen ist eine genaue Kenntnis der Geschlechtsorgane, sowohl nach ihrem anatomischen Bau als auch ihrer Funktion, von Bedeutung. Es lag deshalb im Bereiche der mir gestellten Aufgabe, diesem Teil die besondere Aufmerksamkeit zu schenken, und im Zusammenhang mit einer genauen Beobachtung der Lebensweise der Tiere gelangt man notwendigerweise dazu, verschiedene Einrichtungen und funktionelle Erscheinungen unter einem neuen Gesichtswinkel zu betrachten. Es kommt bei einer derartigen Arbeitsmethode klar zum Bewusstsein, dass jede Untersuchung über Morphologie und Anatomie eines Tieres einerseits und die Lebensäusserungen anderseits, für sich allein durchgeführt, notwendigerweise zu einseitigen und oft unklaren Ergebnissen führt.

Die Untersuchungen in bezug auf die Geschlechtsorgane wurden zum geringern Teil am lebenden Objekt ausgeführt. Es hat sich nämlich gezeigt, dass trotz, vielmehr gerade infolge der relativ starken Durchsichtigkeit des Objektes die zarten Geschlechtsorgane, die zudem auf Grund ihrer leichten Verschiebbarkeit bald unter andere Organe hineingedrängt, sich der Beobachtung entziehen, am lebenden Tiere kaum richtig erkannt werden können. Auch die für andere Organe vorteilhafte Vitalfärbung führt nicht zu dem gewünschten Ziele. Die im Folgenden dargelegten Resultate wurden grösstenteils durch die Schnitt- und Färbemethode gewonnen. Die Enchytraeiden sind im allgemeinen als Schnittobjekt nicht günstig. Die Körperbedeckung wird leicht spröde, wodurch namentlich bei dünnen Schnitten das Gewebe zerreisst. Um das zu verhindern, wurde als Intermedium beim

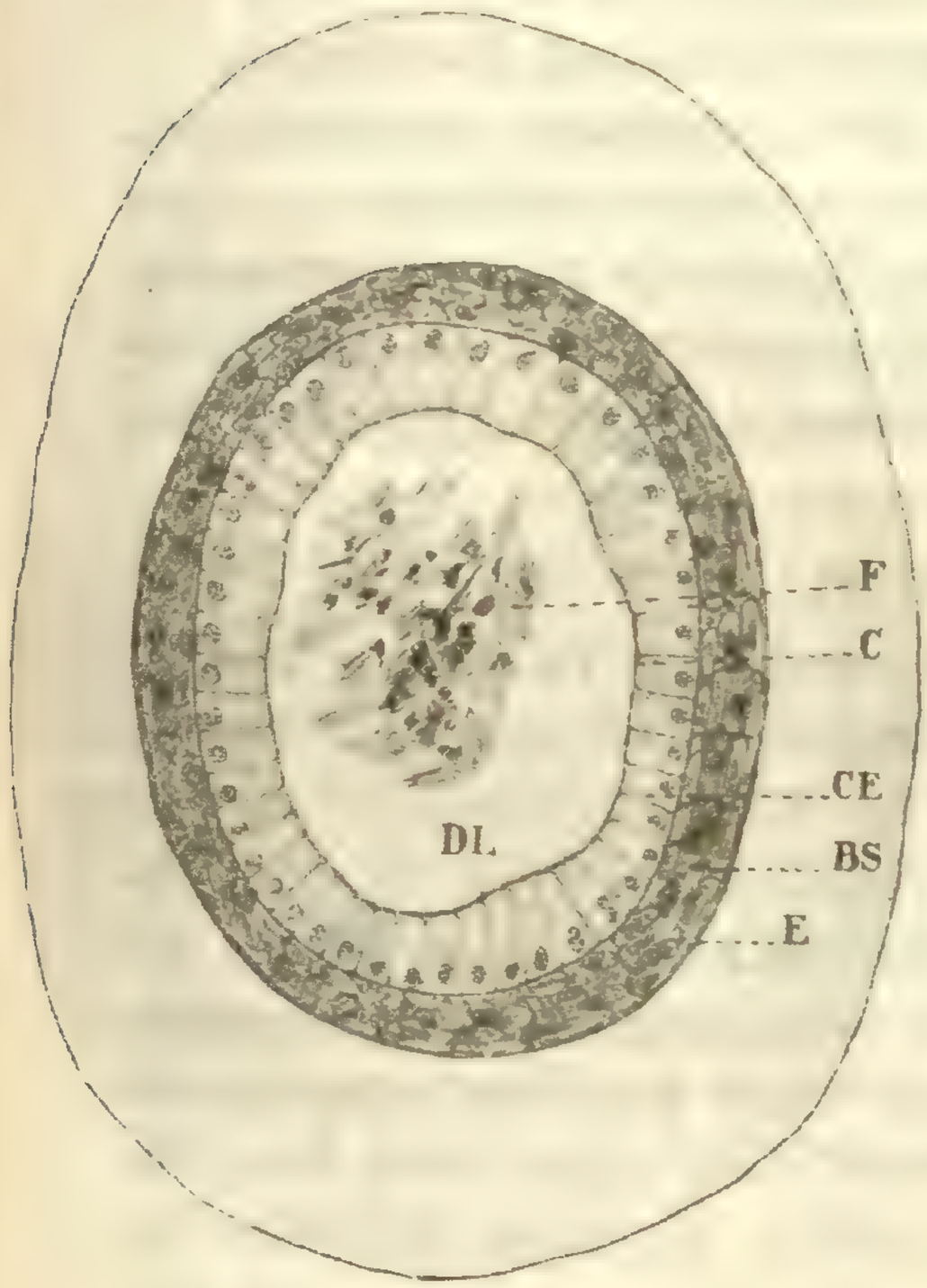


Fig. 8.

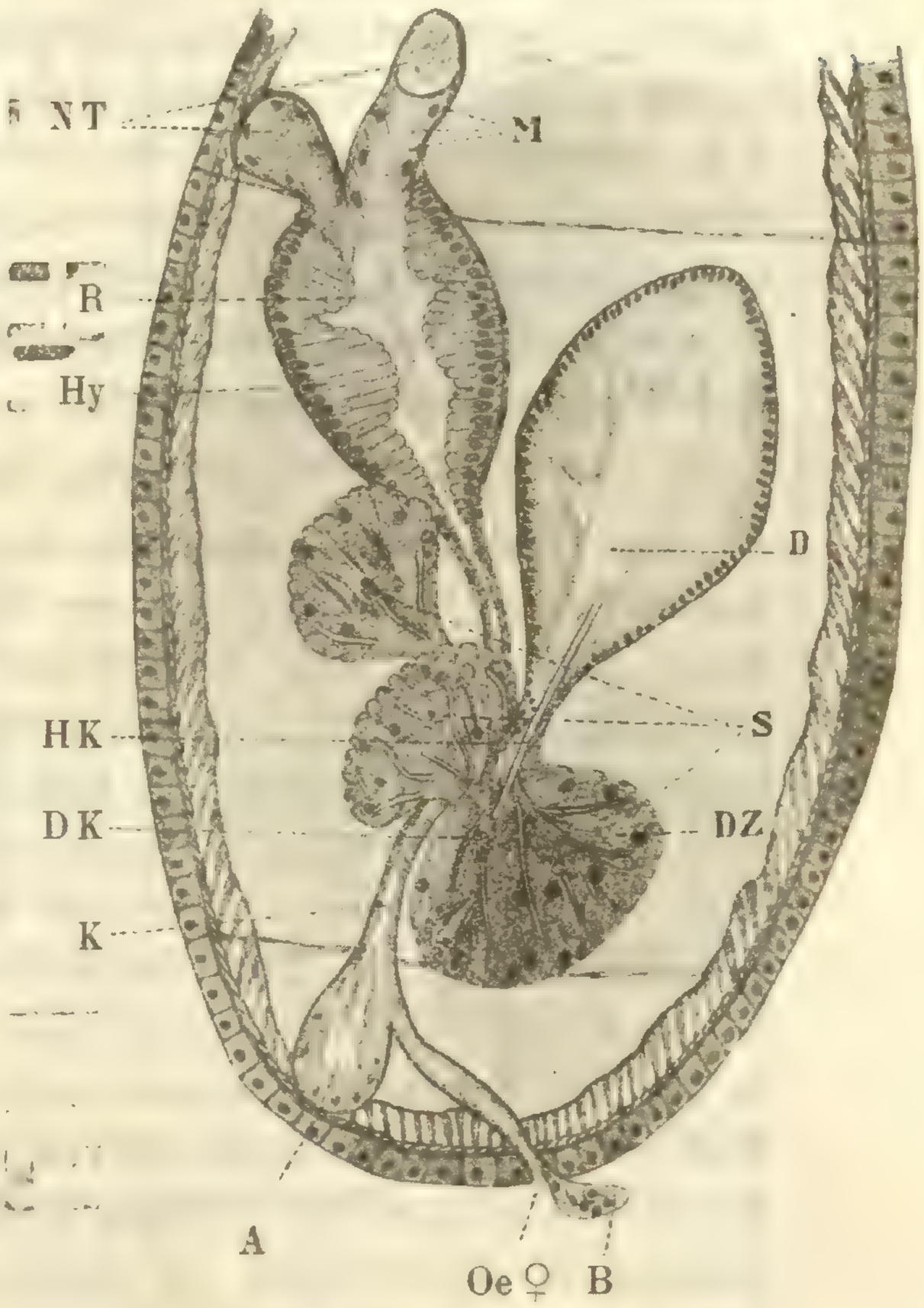


Fig. 9.

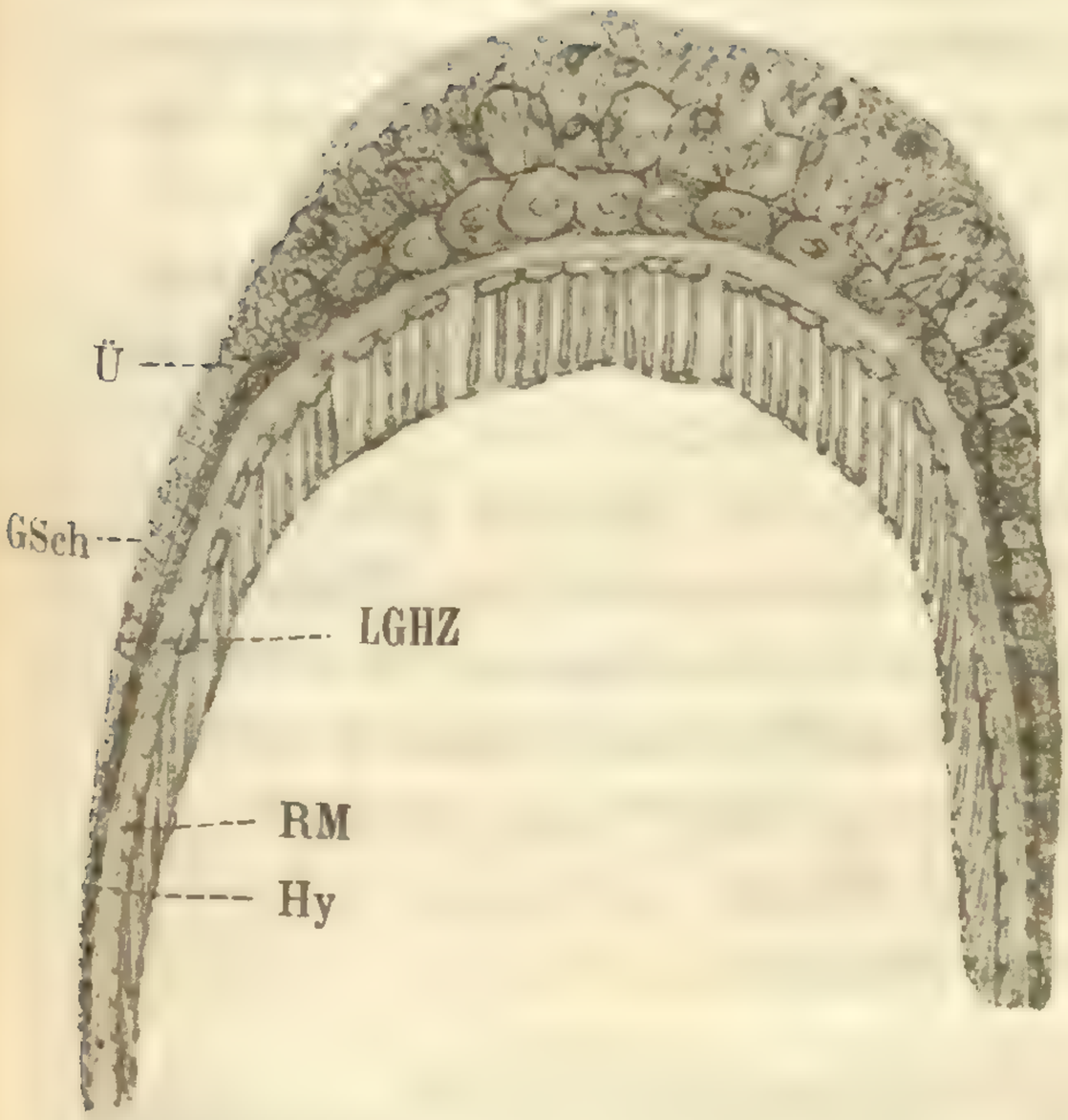


Fig. 11.

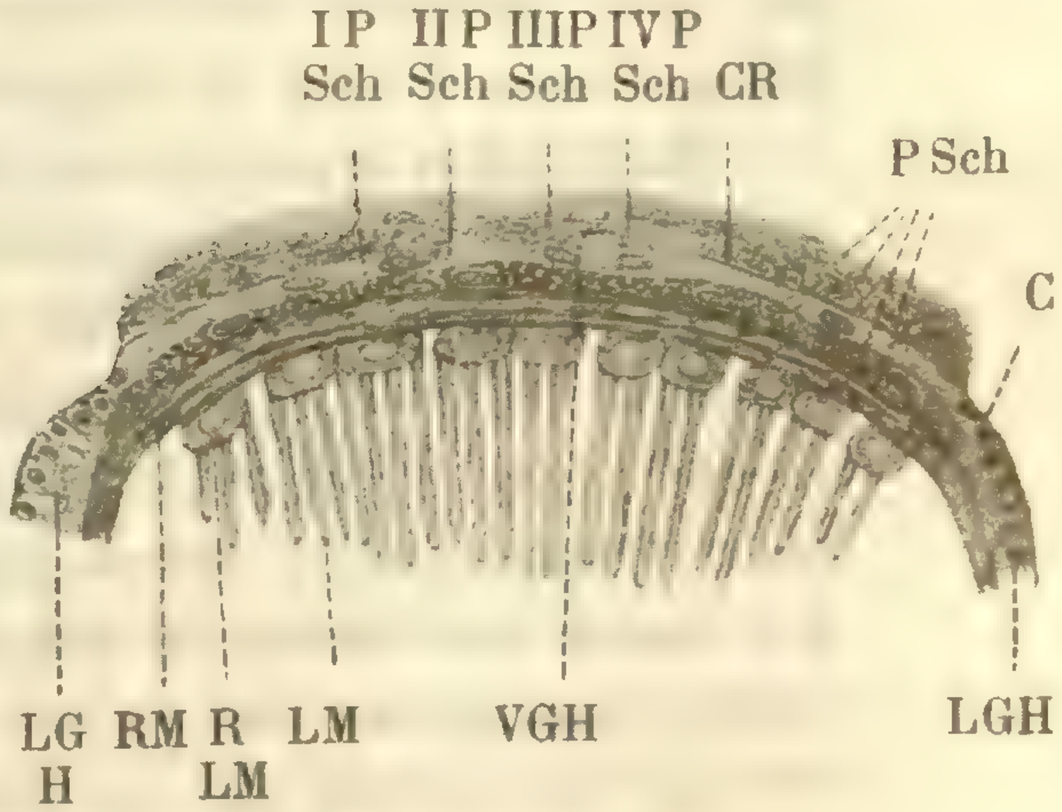


Fig. 10.

Einbetten Cedernholzöl verwendet. Als Farblösungen wurden verwendet: Haematoxylin Del., Eisenhaematoxylin und Haemalaun.

Die Enchytraeiden sind wohl ohne Ausnahme hermaphrodit, d. h. männliche und weibliche Geschlechtsorgane gelangen in demselben Individuum zur Entwicklung. Den Eintritt der vollen Geschlechtsreife erkennt man leicht an den Gürtelsegmenten, die erst mit diesem Momente die charakteristische Ausbildung erlangen. Wir beginnen deshalb die Besprechung damit.

1. Der Gürtel.

Der Gürtel nimmt allgemein das 12. und einen Teil des 13. Körpersegmentes ein. In anatomischer Beziehung fasst man das Gewebe dieser Region als eine Modifikation der Körperhypodermis auf. In physiologischer Richtung glaubt Michaelsen u. a. m. an die Absonderung von den Eicoccon bildenden Sekreten. Dass die zu besprechenden Zellgruppen in irgend einer Beziehung zum Fortpflanzungsakte stehen, beweist ihr zeitlich begrenztes Bestehen während der Geschlechtstätigkeit. Eine direkte Beobachtung irgend einer Funktion ist aber sehr schwierig, und zwar bedingt durch die Kleinheit der in Betracht fallenden Elemente und das der Untersuchung ungünstige Medium. Deshalb weichen wir von dem hier eingeschlagenen Weg in der Besprechung ab und bringen die Resultate der anatomischen Untersuchung zur Darstellung, um nachher die Beobachtungen biologischer Natur auf der geschaffenen Grundlage zu diskutieren.

Um über den Bau des Gürtels wenigstens bei den für den Boden wichtigsten Formen Aufschluss zu erhalten, wurden mehrere Gattungen und eine grössere Zahl Spezies untersucht. Nach dem System von **Michaelsen waren es folgende Formen:**

Buchholzia appendiculata, Henlea leptodera, Enchytraeus buchholzii, Ench. affinis, Ench. humicultor, Fridericia striata, Frid. bisetosa, Frid. leydigii, Frid. perrieri, Frid. galba, Frid. lobifera.

Von Interesse ist auch die Frage nach der Genesis des Gürtels. Dieser zweiten Seite des Gürtelproblems wurde nun in der Weise versucht beizukommen, indem besonders auf die Auffindung von Formen, bei denen der Gürtel in Entwicklung begriffen war, Gewicht gelegt wird. So ergeben sich in der Besprechung zwei Teile, nämlich:

a) Der Gürtel der geschlechtsreifen Form.
b) Der in Entwicklung begriffene Gürtel.

a) Der Gürtel der geschlechtsreifen Form.

Der Gürtel des geschlechtsreifen Tieres wird als eine Modifikation der Hypodermis aufgefasst, und zwar derart, dass sich die zylindrischen

Hypodermiszellen in verschiedenem Grade in ein drüsiges Zellgewebe umwandeln. Dabei wird allgemein angenommen, dass das in dieser Weise entstandene Gewebe in der Gürtelregion den ganzen Körper gleichmässig umgibt, d. h. dass die gebildeten Zellen überall zu gleichartigen Verbänden zusammentreten. Weil diese Frage nun für die Erklärung der Physiologie des Gürtels von besonderer Wichtigkeit ist, so wurden nach dieser Richtung hin genauere Untersuchungen unternommen. Dabei hat sich das wichtige Resultat ergeben, dass der Gürtel in seinem Aufbau in zwei deutlich unterscheidbare Partien zerfällt:

α) Eine ventrale Gürtelpartie.

β) Die lateralen und dorsalen Gürtelpartien.

Für die oben genannten Formen ist der Bau und die Entwicklung des Gürtels eine gleichartige und die geringen Abweichungen bei der einen oder andern Form, wie sie sich auf den Schnitten gelegentlich kundgeben, sind niemals prinzipieller Natur. Sie gründen sich zum Teil auf den Grad der Entwicklung des Gürtels und sind zum Teil herbeigeführt durch die technische Behandlung des Materials. Diese oberflächlichen, den Chemikalien gar leicht zugänglichen Stellen werden je nach der Entwicklungshöhe verschieden stark beeinflusst, und daher rührt es, wenn da und dort kleinere Abweichungen hervortreten.

α) Die ventrale Gürtelpartie.

(Tafelfiguren 10 u. 11.)

In Fig. 10 wurde die ventrale Gürtelpartie, wie sie sich zur Zeit der Geschlechtstätigkeit zeigt, skizziert. Es sei hier betont, dass diese Partie sich nur eine verhältnismässig kurze Zeit in der typischen Form zeigt. Nach Erfüllung der Aufgabe geht sie eine rasche Reduktion ein. Daher mag es rühren, dass man bis anhin eine derartige Gestaltung der ventralen Partie nicht beobachtet hat; denn es ist nicht wahrscheinlich, dass man beim Sammeln des Materials im Freien gerade diese Stadien erhält. Das kann mit Sicherheit nur erreicht werden, wenn man die Tiere züchtet und durch eine fortwährende, genaue Kontrolle den Moment der Geschlechtstätigkeit feststellt.

Die ventrale Gürtelhypodermis (VGH) zeichnet sich zur Zeit der Geschlechtstätigkeit in doppelter Beziehung aus und hebt sich auch scharf ab von den lateralen Partien (LGH).

1. Die Zellwände der Gürtelhypodermis haben sich vollständig aufgelöst. Sie sind im Verlaufe des Umwandlungsprozesses resorbiert worden, was durch die im Nachfolgenden dargestellte Genesis bestätigt wird.

2. Das Zellplasma, das in den lateralen und dorsalen Partien, wie schon früher erkannt und beschrieben, von verschiedener Dichte ist, wird in deutlich geschichteter Folge angeordnet (PSch).

An die den ganzen Körper umschliessende Ringmuskelschicht (RM) schliesst sich zunächst eine Gürtelhypodermisschicht, die sehr reich an Plasma ist. Die Kerne scheinen sich, wie übrigens auch in den darauffolgenden Schichten, in der Längsrichtung verlagert zu haben, was bei der Umbildung und der allgemeinen weichen Konsistenz der fraglichen Plasmalagen leicht erklärlich ist. Ausserdem sind die Zellkerne namentlich in dieser untersten Schicht von einem lichten Raum umgeben, der anscheinend plasmafrei ist. Äusserst selten kann man aber in diesen Räumen kleine, stark lichtbrechende Elemente beobachten, die nach aussen zu in den folgenden Schichten immer zahlreicher werden und in der Abbildung als kleine Punkte gezeichnet sind. Diese erste Schicht entspricht noch am besten den lateralen Hypodermisschichten, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Zellwände total resorbiert sind und sich das Plasma auf engere Räume zusammengedrängt hat (I PSch).

Die II. Plasmaschicht (II PSch) ist gegenüber der ersten viel lichter. Das Plasma ist weniger dicht. Dagegen finden sich hier schon zahlreich in das Plasma eingestreute, stark lichtbrechende Tröpfchen, die in der ersten Schicht ausschliesslich in den Hohlräumen um den Kern herum anzutreffen sind. An der Grenze gegen die dritte Schicht zeigen sich nun noch die Reste der in dieser Region aufgelösten Cuticula (CR). Dass es diese sind, geht unzweifelhaft aus jenen Stellen hervor, wo die lateralen Gürtelhypodermispartien in die ventralen Schichten übergehen. Dort ist ersichtlich, dass sich die Curticula (C) spaltet; der eine Teil begleitet die seitliche Lage der ventralen Schichten ein Stück weit, um dann vollständig zu verschwinden. Der andere Teil zieht sich, wie bemerkt, in mehr oder weniger deutlich sichtbaren Rudimenten in das Innere der Schichten. Diese Rudimente sind öfters bis an die Grenze der III. und IV. Schicht verschoben.

Die III. Schicht der ventralen Gürtelhypodermis unterscheidet sich von der II. insofern, als sich zwischen den auf kleinere Partien zusammengedrängten Plasmamassen Räume bilden, in denen die lichtbrechenden Tröpfchen sich sammeln. Die ganze Schicht erhält im Präparat dadurch ein auffallendes, gescheckes Aussehen.

Schliesslich folgt die letzte, also die IV. Schicht, die nur mehr spärliche Plasmateilchen enthält. Die punktiert gezeichneten, in Wirklichkeit hellen, durchsichtigen Tröpfchen sind hier äusserst zahlreich.

Es ist von ganz besonderer Wichtigkeit, zu erfahren, dass diese letzte Schicht nach aussen hin nicht abgeschlossen ist, vielmehr scheinen sich die einzelnen Elemente aus dem lockern Verbande leicht abzulösen, um auf der die ventrale Fläche berührenden Unterlage haften zu bleiben. Die Zellkerne scheinen in den verschiedenen Schichten nach aussen zu kleiner zu werden, und es kommt öfters vor, dass in der IV. Schicht keine mehr oder doch nur mehr kümmerliche Überreste anzutreffen sind.

β) Die laterale und die dorsale Gürtelpartie.

In der Darstellung dieser Teile kann ich mich kürzer fassen, da frühere Autoren, wie Vejdovský und Michaelsen, die Verhältnisse richtig erfasst und beschrieben haben. Wie in Fig. 10 dargestellt (LGH), zeigen sich zwischen den einzelnen Gürtelhypodermiszellen lacunenartige, mit Kernen versehene Zellen. Öfters scheint es, als ob diese Hohlräume, wenn wir sie vorläufig so nennen wollen, sich auf Kosten der anliegenden Zellen vergrössern. Auf einen nicht unwichtigen Umstand, der in den früheren Arbeiten nicht zur Geltung gelangt, muss ich hier näher eingehen. Wir können nämlich feststellen, dass im Bereiche der lateralen und dorsalen Gürtelhypodermispartien der Ringmuskelschicht (RM) durchwegs eine relativ dünne, plasmareiche und kernhaltige Schicht anliegt. Es ist dies die wenig veränderte Körperhypodermis, Wir wollen sie als Hypodermis (Hy) bezeichnen (Fig. 11). Auf diese Hypodermiszellschicht folgt nach aussen zu eine Lage von Zellen, die infolge ihrer zarten Struktur beim Schneiden leicht zerreisst und sich dann nach allen Richtungen in unregelmässiger Weise verschiebt. In jenen Fällen aber, wo solche Deformationen vermieden werden konnten, zeigen sich polyedrische Zellen mit unregelmässig zusammengezogenem Plasma (Fig. 11 LGHZ). Sie besitzen vielfach keine Kerne, wo solche vorhanden sind, wurden sie in die Ecken der Zellen abgedrängt und scheinen überhaupt ihrer Auflösung entgegenzugehen. Wir wollen diese Zellen als laterale Gürtelhypodermiszellen bezeichnen. Es ist für die Erklärung der physiologischen Bedeutung dieser Teile nun von Wichtigkeit, wenn wir feststellen können, dass in diesen lateralen und dorsalen Gürtelhypodermiszellen jene stark lichtbrechenden Tröpfchen, die in der ventralen Gürtelpartie beschrieben wurden, auch gebildet werden. Sie sind auch in Fig. 11 (LGHZ) als Punkte eingezeichnet. Diese Zellausscheidungen dringen in den dorsalen und in den lateralen Gürtelpartien auf die Oberfläche und lagern hier in Form einer cuticularen Bedeckung. Wir bezeichnen die durch die Gürtelhypodermiszellen abgesonderten Sekrete

als Gürtelschleim (GSchl). Beim Übergange der lateralen Partien in die ventrale (Fig. 11 Ü) lässt sich erkennen, dass die drüsigen Sekrete der erstern in die äusserste Schicht der letztern übertreten, so dass man feststellen kann, dass die Gürtelhypodermiszellen des gesamten Gürtels den sog. Gürtelschleim produzieren. Er dringt durch das zarte Gewebe an die Oberfläche und gleitet von der dorsalen und den lateralen Partien auf die ventrale Gürtelregion, wo er dann zur Verwendung gelangt.

Nun wollen wir anschliessend an die anatomische Besprechung auf die physiologische Bedeutung der erkannten Einrichtungen näher eingehen. Michaelsen spricht in seiner Abhandlung über *Ench. Möbii*, pag. 13, von dicken, hellen Zellen, die unter günstigen Umständen einen Ausführungsporus erkennen lassen. Von einer derartigen Einrichtung der Ableitung der gebildeten Sekrete konnte ich in allen untersuchten Fällen nichts bemerken. Ich setze voraus, dass der genannte Autor unter jenen Öffnungen nach aussen die Ausführkanäle für die Drüsensekrete versteht. Demnach müssten die Ausscheidungen an der ganzen Oberfläche des Gürtels zutage treten, und ich frage mich nun, was diese Sekrete auf den lateralen und dorsalen Regionen für einen Zweck verfolgen. Der Autor lässt sie zwar zur Bildung des Eicoccons verwenden, und zwar in der Weise, dass die abgesonderten Sekrete auf der Oberfläche ein schnell erhärtendes Häutchen bilden, das die durch die Geschlechtsöffnungen herausgetretenen Eier umschliesst und nach Abstreifung durch das Tier den Eicoccon darstellt.

Über den Vorgang der Eiablage wird weiter unten gesprochen. Hier kann ich unter Berücksichtigung der Untersuchungsresultate folgendes feststellen:

Das durch die Gürtelhypodermiszellen abgesonderte Sekret gelangt auf die ventrale Gürtelpartie, wo es infolge der stärkern Wölbung des Gürtels gegenüber den andern Körperpartien in erster Linie mit der Unterlage in Berührung kommt. Da die Würmer sich zur Zeit der Geschlechtstätigkeit aneinander legen und diese Lage längere Zeit beibehalten (Tage), so tritt der Gürtelschleim gegenseitig in Funktion, indem er die beiden Individuen sozusagen zusammenklebt.

Diese Erklärung wird ausserdem gestützt durch die Tatsache eines rasch einsetzenden Zerfalles der Gürtelhypodermiszellen nach Beendigung der geschlechtlichen Tätigkeit. Ebenso spricht dafür der Umstand, dass die Absonderung des Gürtelschleimes erst recht eintritt, nachdem sich zwei Individuen aneinander gelegt haben. Die letzte Tatsache spricht ganz entschieden gegen eine Auffassung, wie sie Michaelsen vertritt, denn die Absonderung der Sekrete für den

Eicoccon hätte schon zur Zeit der Begattung ohne weitere Einschränkung keinen Wert, da die Ablage der Eier sich im allgemeinen erst einige Tage später vollzieht. Eingehende Beobachtungen und Untersuchungen an Tieren haben ergeben, dass zur Zeit der Eiablage der Rückbildungsprozess der Gürtelhypodermiszellen schon soweit fortgeschritten ist, dass in diesem Momente eine Sekretabsonderung m. E. ausgeschlossen ist.

Damit darf aber die von Michaelsen gegebene Erklärung über die Funktion des Gürtels, d. h. dessen Mitwirkung bei der Eicoccon-bildung nicht etwa als nicht bestehend erklärt werden, vielmehr muss festgestellt werden, dass der Gürtelschleim unter gewissen Voraussetzungen tatsächlich zur Bildung des Coccons verwendet wird. Wie weiter unten auseinandergesetzt ist, werden die Eier entweder als Einzeleier oder in den sog. Coccons zu mehreren vereinigt abgesetzt. Bedingt wird die Ablage der Coccons durch allzu trockene, für das Leben der Enchytraeiden ungünstige Witterung.

Nun ist klar, dass der auf der gesamten Gürteloberfläche in einer relativ dicken Lage nach der ventralen Region fliessende Schleim in normalen Zeiten infolge der flüssigen Beschaffenheit den durch die Geschlechtsöffnung herausgestossenen Eiern keinen Widerstand entgegenzusetzen vermag, so dass die Eier einzeln in die Umgebung des Tieres gelangen.

Ganz anders verhält es sich aber dann, wenn durch eine längere trockene Witterung die Umgebung der Tiere der einwirkenden Feuchtigkeit beraubt wird. In diesen Zeiten trocknet der Gürtelschleim zu einem zähen, dehnbaren Häutchen ein, und die Eier, die abgeschoben werden, bleiben zwischen letzterm und dem Gürtelgewebe liegen. Michaelsen beschreibt uns den Vorgang, der zu einer Abstreifung der erhärteten Schleimschicht und der darin aufbewahrten Eier führt. Es bedarf dann nur mehr des Zusammenschlusses der beiden Pole, und der Eicoccon ist gebildet. Ich selbst hatte nie Gelegenheit, einen derartigen Vorgang wahrzunehmen, stehe aber nicht an, denselben als möglich zu betrachten. In allen von mir beobachteten Fällen (mehr als 100), wo durch Trockenhaltung in den Zuchtgefässen die Bildung von Eicoccon beliebig hervorgerufen werden konnte, vollzog sie sich derart, dass das den Coccon am Gürtel tragende Individuum zugrunde ging und innert kurzer Zeit zerfiel, wodurch der Eicoccon frei wurde und Gelegenheit hatte, während der Auflösung des Muttertieres sich an den beiden Polen zu schliessen.

b) Die Entwicklung des Gürtels.

(Tafelfigur 11.)

Für eine richtige Auffassung der genetischen Zusammenhänge zwischen Gürtelgewebe und Körperhypodermis ist die Feststellung der entsprechenden Verhältnisse bei den in Entwicklung begriffenen Formen wichtig.

Bei jugendlichen Individuen, wie in Fig. 14 dargestellt, ist eine Veränderung der Körperhypodermis in der Region des Gürtels noch nicht wahrnehmbar. Die Hypodermiszellen sind durchaus gleichartig. Die ersten Anfänge einer bezüglichen Entwicklung geben sich in einer leichten Auftreibung der Gürtelregion kund. Es ist dies jener Zeitpunkt, wo die übrigen Geschlechtsorgane, wie Hoden und Ovarien sich schon leicht feststellen lassen. Dabei muss bemerkt werden, dass die Ausdehnung der Hypodermiszellen zunächst auf der ganzen Gürtelpartie sich gleichmässig vollzieht. Erst später, wenn in den Hoden die Ausbildung der definitiven Samenfäden beginnt, geht die ventrale Gürtelpartie eine spezielle Entwicklung ein. Dieser Moment ist in Fig. 11 zur Darstellung gebracht. Zunächst nehmen wir auf den lateralen Gürtelpartien eine regelmässig ausgebildete Zellschicht wahr, die die Hypodermiszellen überlagert. Es sind dies die sog. Gürtelhypodermiszellen (LGHZ). Nach der ventralen Fläche zu werden diese immer mächtiger. Auch die Hypodermiszellen sind hier stärker entwickelt. Was aber auf dieser Entwicklungsstufe ganz besonders auffällt, das liegt im Umstand, dass die Hypodermis noch eine regelmässige Zellschicht bildet. Die spätere Ungleichheit der einzelnen Elemente ist noch nirgends angedeutet. Damit muss nun auch die Genesis des Gürtels unter anderen Gesichtspunkten beurteilt werden, als es bisher geschehen ist. Vejdovsky schreibt darüber in seiner Monographie: „Eine Zelle entwickelte sich zu einer grossen Alveole, wobei sie sich mit homogenem Inhalte füllte und zugleich auch den Kern und das Kernkörperchen behielt. Durch ihre enorme Entwickelung verdrängte sie die Nachbarzellen zur Oberfläche, wobei die Grenzen der letzteren verloren gingen und nur mehr die Kerne und Kernkörperchen ihr Vorhandensein verraten.“ Diese Auffassung in der Entwicklung des Gürtels kann ich nach Kenntnisnahme der oben dargestellten Verhältnisse nicht mehr teilen und zwar kommt in Betracht:

1. Dass sich im Laufe der Entwicklung der Hypodermiszellen des Gürtels alle gleichartig ausbilden. Es gibt, wie Fig. 11 zeigt, keine eingestreuten grössern Alveolen, die die nebenliegenden Zellen an die Oberfläche drängen könnten.

2. Dass die von Vejdovsky wahrgenommene Ausbildung von grösseren und kleineren Zellelementen erst auf der Stufe der Gürtelreduktion zu beobachten ist.

3. Dass die Gürtelhypodermiszellen der lateralen und dorsalen Teile während der Entwicklung, wenigstens in den Anfangsstadien keine Kerne besitzen. Später treten Kerne auf, indem die Hypodermiszellen ihre Zellwände z. T. verlieren und nach einer vorausgegangenen Kernvermehrung diese neugebildeten Elemente in die Gürtelhypodermisschichten abgeschoben werden. Übrigens scheint mir diese Erscheinung z. T. schon zu den Reduktionsvorgängen zu gehören, indem durch Lockerung der Hypodermiszellen, besonders in der ventralen Partie die Kerne ganz leicht nach aussen gedrängt werden können. Es gewinnt diese Auffassung noch mehr an Wahrscheinlichkeit, wenn wir feststellen, dass die Reduktion der Gürtelgewebe tatsächlich mit der Auflösung der Hypodermis beginnt.

Unter Berücksichtigung des eben Gesagten, glaube ich annehmen zu dürfen, dass die Gürtelhypodermiszellen, die zwar weniger als eigentliche Zellen aufzufassen sind, als eine Lage von Hohlräumen, gebildet durch ein unregelmäsig verlaufendes zellwandähnliches Gerüstwerk, durch die Hypodermiszellen auf dem Wege von Plasmaausscheidungen gebildet werden.

Es ist hier hervorzuheben, dass ich die von den früheren Autoren gemachten Beobachtungen durchaus nicht als irrig hinstellen will. Der einzige Unterschied in der Auffassung liegt darin, dass ich auf Grund meiner Untersuchungen die bezüglichen Darstellungen als zum Reduktionsprozess gehörend bezeichnen muss. Die Reduktion der Gürtelgewebe setzt, wie schon bemerkt, sofort nach vollzogener Begattung ein. Es beginnen sich in diesem Zeitpunkte die erwähnten Alveolen auszubilden. Ihr Inhalt wurde von Vejdovky als homogen bezeichnet. Ich glaube nun aber, dass man von einem Inhalt in dieser Weise nicht mehr sprechen kann, sondern betrachte die lichten Stellen als wirkliche Hohlräume. Gleichzeitig mit der beschriebenen Gewebeveränderung beginnen die Kerne ihren Zerfall anzudeuten, indem sie eine unregelmässige Lagerung erfahren und sich grösstenteils stark verlängern. Schliesslich kann man auf besonders günstigen Schnitten ihren Zerfall direkt beobachten. Was nun die Gürtelhypodermiszellen mit der sog. Gürtelschleimschicht betrifft, so glaube ich nicht fehl zu gehen, wenn ich sage, dass sie direkt vertrocknet und nach und nach abbröckelt. Die Beobachtung lässt erkennen, dass erst mit dem Zeitpunkte des starken Rückganges des Gürtels die Eiablage beginnt, und damit dürfte m. E. bewiesen sein, dass eine Ver-

wendung der Gürtelsekrete zur Eicocconbildung unter für die Muttertiere normalen Verhältnissen nicht vorkommt.

2. Die männlichen Geschlechtsorgane.

(Tafelfiguren 12 und 13.)

Im vorliegenden Abschnitt werden folgende Teile einer genauern Besprechung unterzogen:

a) Die Hoden.

b) Die Samenleiter.

a) Die Hoden.

Die Hoden stellen beim geschlechtsreifen Individuum lange birnförmige Körper dar. Sie dehnen sich im ganzen elften Segment aus und reichen auch noch mehr oder weniger weit in das zehnte und ebenso in das zwölfte Segment hinein. Wie aus Figur 12 hervorgeht, schliessen sie den Darm seitlich ein (H). Letzterer ist an dieser Stelle in Form eines engen Rohres ausgebildet (D). Bei den frühen Jugendstadien ist eine derartige Beschaffenheit des Darms im Bereiche des zehnten, elften und zwölften Körpersegmentes nicht zu beobachten, wie aus Fig. 14 hervorgeht. Erst mit der Entwicklung der beiden Hoden beginnt eine Verengerung des Darmrohres einzutreten.

Als Mutterboden der Testikel werden gewöhnlich die Dissepimente angesprochen. Sie sollen dort Wucherungen darstellen, die nach ihrer vollen Entwicklung ihre Produkte in die Liebeshöhle entlassen. Dort werden dann die flottierenden Spermamassen von den Samentrichtern aufgefangen. Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen muss festgestellt werden, dass die Verhältnise sich anders zeigen. In erster Linie ist hervorzuheben, dass der Hoden von einer zarten Membran umschlossen ist (Fig. 13 M V). Wir bezeichnen sie als *Membrana vitellina.* Diese Umhüllung ist schon bei den ersten Anfängen der Hodenentwicklung vorhanden. Ihr Wachstum wird offenbar veranlasst durch den Druck, den die im Innern sich entwickelnden Hodenanlagen ausüben. Die Membrana vitellina schliesst sich dorsal an die Körperhypodermis, und zwar findet der Anschluss in allen untersuchten Fällen im elften Körpersegment statt (K H). In Fig. 12 sind die Hoden im vollständig geschlechtsreifem Zustande gezeichnet. Wir erblicken neben den ausgebildeten Spermabündeln (Sp.B) noch viele Zellen, die die Samenfäden noch nicht entlassen haben. Es sind dies die sog. Spermatiden (Sp), die die letzte Stufe in der Entwicklung zum Samenfaden darstellen. Der ganze Hodenkörper bildet nun nicht eine einheitliche Masse. Vielmehr lassen

sich, wie Fig. 12 es zeigt, einzelne ovale bis längliche Klumpen unterscheiden. Am lebenden Objekt macht es nun öfters den Eindruck, als ob jederseits vom Darm eine grössere Zahl von Hoden vorhanden sei. Schon der Umstand der Anwesenheit der Membrana vitellina widerspricht dieser Auffassung und zudem wird durch das Nachfolgende der innere Aufbau des Hodens klargelegt.

Nach der bisherigen Auffassung müsste nun aber die Hodenmembran zur Zeit der Geschlechtsreife platzen, um die Samenfäden zu entlassen. Dass eine solche Auffassung unter Umständen durch gewisse momentan eintretende Zustände vorgetäuscht werden kann, muss anerkannt werden. Es zeigt sich nämlich, dass nach Abschluss der Geschlechtstätigkeit die Hoden einer starken Reduktion entgegengehen. Diese äussert sich zunächt in der Auflösung der Membrana vitellina und weiterhin in einem vollständigen Zerfall des Testikels. Während der Entwicklung sowohl als auch während der Geschlechtstätigkeit besteht die Membran in ihrem ganzen Umfange und schliesst, was hier bemerkt werden soll, den Samentrichter in sich (Fig. 13 ST). Die Spermamassen brauchen also nicht in die Leibeshöhle zu fallen, sondern werden innerhalb des Hodenschlauches vom Samentrichter aufgefangen und fortgeleitet.

Fig. 13 stellt einen Querschnitt durch das elfte Körpersegment dar. Es ist daraus ersichtlich, dass sich von der dorsalen Seite vom Grunde der Hypodermiszellschicht eine feine Membran loslöst und sackartig in die Leibeshöhle hineinwächst. Das ist die *Membrana vitellena* (MV), die, wie angeführt, die Hodenmassen vollständig umschliesst. Im Bereiche des Darmes (D) erleidet sie eine tiefe Einbuchtung, um letzteren Raum zu schaffen.

In Verbindung mit einer genauen Festlegung der Verhältnisse am lebenden Objekt, wie sie in Fig. 12 dargestellt wurden, lässt sich nun die etwas komplizierte Anatomie des Hodens relativ leicht erklären. Wir erblicken unmittelbar über dem Darm ein rundliches, seiner Struktur nach feinzelliges Organ. Es ist dies der Schnitt durch den Sammentrichter (ST), der wie gesagt innerhalb der Membrana vitellina liegt. Näheres wird weiter unten darüber ausgeführt. In sanfter Wölbung schliesst sich an den Samentrichter eine engeschlossene Zellmasse (KL). Bei näherer Betrachtung nehmen wir wahr, dass die einzelnen Zellen zu 5—8 in losen Verbänden angeordnet sind und zwar derart, dass jede Zelle ihr zugespitztes Ende einem gemeinsamen Mittelpunkt zugekehrt hat. Die einzelnen Elemente bestehen aus einem grossen Kern (K), der meistens nach der Mitte des Zellverbandes zu etwas zugespitzt ist. Diese Kerne sind chromatinreich.

Aus den Schnitten jüngerer Entwicklungsstadien ergibt sich, dass es sich hier um die sog. Spermatogonien handelt, jene männlichen Zellelemente, die aus den Ursamenzellen hervorgehen. Die Zellteilungen sind hier nicht mehr sichtbar; sie haben sich bereits auf einer frühern Entwicklungsstufe vollzogen. Nach meinen diesbezüglichen Beobachtungen haben wir im vorliegenden Fall als haploide Chromosomenzahl die Zahl 26. Diesen in allen Fällen deutlich hervortretenden Zellkomplex nennen wir Keimstätte, weil von hier aus die Entwicklung der Samenfäden sich vollzieht. Das Zellplasma der einzelnen Keimzellen ist nicht mehr deutlich konstruiert, und die Chromosomen sind unregelmässig verteilt. Auch die Kernmembran hat ihre charakteristische Schärfe verloren, so dass es feststehen dürfte, dass der nächste Schritt in der Spermaentwicklung nun darin besteht, dass sich die Chromosomen mehr an die Peripherie konzentrieren, um schliesslich sich soweit zusammenzuziehen, dass sie den Kopf des Spermiums darstellen.

Neben den genannten beiden Massen erblicken wir nun noch eine grosse Zahl von verschieden gestalteten Elementen im Hoden. Wir haben schon weiter oben darauf aufmerksam gemacht, dass man am lebenden Objekt eine gewisse Abtrennung in einzelne Partien feststellen kann. Zwar könnte man aus dieser einzelnen Beobachtung schliessen, als ob es sich um eine grössere Zahl von separat sich entwickelnden Hodenkörpern handeln würde. Dass dem nicht so ist, zeigt uns der vorliegende Querschnitt. Darnach ist das Innere des Hodens angefüllt von sog. Hodenschläuchen (HSch), die sich in beliebiger Richtung gelagert haben. Es handelt sich dabei nun allerdings nicht um schlauchartige Organe im gewöhnlichen Sinne, denn es muss festgestellt werden, dass eine eigentliche Umhüllungsmembran fehlt. Die Oberfläche dieser Gebilde wird eingenommen von den sich entwickelnden Spermien, während das Innere von einer feingranulierten Plasmamasse ausgefüllt wird. Auf den Schnitten durch die genannten Hodenschläuche lassen sich nun die letzten Entwicklungsstadien der Samenfäden in grosser Mannigfaltigkeit erkennen.

Es lassen sich in erster Linie Schnitte feststellen, auf denen die Umhüllung aus rundlichen bis ovalen Zellen besteht, deren Chromosomen noch regellos im Innern lagern. Diese Stadien lehnen sich direkt an die letzten Entwicklungsstufen in der Keimstätte an. Sie sind in der Figur 13 mit 1 bezeichnet. Der nächstfolgende sichtbare Schritt in der Entwicklung macht sich geltend, indem das Chromatin sich an der Oberfläche der Kerne zusammenzuziehen beginnt. Diese Stufen sind mit 2 bezeichnet. Eine Fortsetzung der Ausbildung der Samen-

fäden lässt sich feststellen in den mit 3 bezeichneten Schnitten. Hier hat sich das an der Kernoberfläche gesammelte Chromatin an einzelnen Stellen bereits weiter verdichtet, so dass der künftige Spermakopf erkennbar wird. Die Kernmembran wird von da ab immer mehr aufgelöst und die noch nicht vollkommen zum Spermakopf vereinigten Chromosomen erscheinen als längliche, im Plasma des Schlauches ruhende Gebilde, wie es aus 4 ersichtlich wird. Die weitere Entwicklungsstufe dokumentiert sich darin, dass die länglichen Chromatingebilde von 4 die Gestalt des Samenfadens anzunehmen beginnen, aber noch in der Plasmamasse des Schlauches eingebettet liegen. Dies zeigt sich in den Schnitten, die mit 5 bezeichnet sind. Endlich sehen wir in 6, dass die sich vollends entwickelten Samenfäden mit dem Schwanzteil aus dem Plasma des Schlauches herausarbeiten. Es bleibt nur mehr der Spermakopf darin stecken. Dadurch entstehen jene stachelförmigen Gebilde, deren einzelne Teile leicht als Samenfäden zu erkennen sind.

Der Raum zwischen den einzelnen Hodenschläuchen ist ausgefüllt durch eine helle, hyaline Masse, die nach ihrer leichten Verschiebbarkeit als flüssig aufzufassen ist. Sobald sich die Samenfäden von ihrer Unterlage vollständig gelöst haben, gelangen sie in diese Zwischensubstanz (ZS). Da der ganze Hoden von den umliegenden Organen reichlich bewegt und in seiner Gestalt verändert wird, so ist leicht einzusehen, dass die in der Zwischensubstanz suspendierten Spermien ihre Lage stark zu verändern vermögen, so dass sie an den Eingang des Samentrichters verbracht werden.

Vejdovsky spricht von gelben, lichtbrechenden Körpern, die zwischen den einzelnen, sich entwickelnden Zellgruppen eingestreut sind. Der Autor glaubt darin eine klebrige Masse zu erblicken, die die Spermien während der Entwicklung zusammenhält. Auf Grund der obigen Darstellung möchte ich nun fast annehmen, dass diese gelben, lichtbrechenden Körper die Zwischensubstanz darstellen Es ist dabei allerdings weiter festzustellen, dass die von Vejdovsky beschriebene Spermatogenese nicht als bestehend bezeichnet werden muss. Der Autor glaubt, dass die Keimzellen auf einem gewissen Entwicklungsstadium in die Leibeshöhle fallen, um dann erst nachher von einer Membran (Peritoneum) umhüllt zu werden. Ich glaube nicht fehlzugehen, wenn ich feststelle, dass diese Auffassung unter Berücksichtigung der oben dargestellten Tatsachen sich ganz wohl in den Kreis der vorliegenden Untersuchungsresultate einfügen lässt, ohne daraus gewisse Gegensätze konstruieren zu können, denn es liegt auf der Hand, dass die besagte Membran, die der Autor erst am Ende der

Entwicklung entstehen lässt, sicher von Anfang an vorhanden war. Ein grundsätzlicher Unterschied ergibt sich einzig in der Lage des Samentrichters, der, wie aus meinem Untersuchungsmaterial hervorgeht, innerhalb der *Membrana vitellina* liegt. Daraus geht hervor, dass eine Dehiscenz der Hodenmembran zum Zwecke der Entlassung der Samenfäden nicht nötig ist. Dass nach erfolgter Geschlechtstätigkeit ein solcher Vorgang eintritt, braucht nicht zu überraschen, da derartige Erscheinungen im Tierreich reichlich bekannt sind.

b) Die Samenleiter.

Über die Entwicklung der Samenleiter wurden keine besondern Untersuchungen vorgenommen. Indessen erlauben die im Anschluss an die Untersuchung der übrigen Geschlechtsorgane gemachten Beobachtungen ein Urteil, das der von Vejdovsky formulierten Auffassung beipflichtet. Als kleine, birnförmige Zellgruppe dokumentiert sich der Samentrichter schon auf frühen Entwicklungsstadien. Ob nun der Samenleiter aber als modifiziertes Segmentalorgan aufzufassen ist, wage ich nicht zu entscheiden. Die Frage scheint mir nicht einfach zu sein, da die selbständige Anlage der Samenleiter einen entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang mit den Segmentalorganen nicht ohne weiteres erkennen lässt.

Die Samenleiter bestehen aus zwei Teilen.

1. Aus einem im elften Körpersegment gelegenen Samentrichter.
2. Aus dem im zwölften Segment mündenden Samenleiter.

1. Der Samentrichter.

(Figuren 12 u. 13 ST.)

Der Samentrichter stellt einen kelchförmigen Körper dar, der an seinem freien Ende sich trichterförmig öffnet. Der Rand des Trichters (TR Textfig. 6) ist nun von interessanter und in physiologischer Richtung bedeutungsvoller Ausbildung. Er ist in dieser Beziehung bisher kaum beachtet worden. Vejdovsky spricht pag. 41 von sich schlängelnden Spermatozoen, die sich am Trichtereingange befinden. Diese Auffassung trifft wenigstens für die von mir untersuchten Formen nicht zu, indem der gesamte Umfang des Trichterrandes mit einer doppelten Wimperreihe besetzt ist.

α) Eine aus langen Wimpern zusammengesetzte I. Reihe (IWR).

β) Eine kürzere, innere II. Wimperreihe (IIWR).

Die auf dem innern Trichterrande sitzenden kürzern Wimpern sind äusserst stark gebaut und zahlreich. Die Wimpern der I. Reihe, die auf dem äussern Rande stehen, sind dagegen lang und sehr zart gebaut. Sie vermögen, wie die Beobachtung am lebenden Objekt zeigt,

jede Richtungsänderung leicht vorzunehmen. Nach aussen hin neigen sie mehr oder weniger zusammen, so dass sie einen stark variierenden Hohlraum einschliessen.

Die Bedeutung dieser Einrichtung wird sofort klar, wenn man bedenkt, dass die Spermamassen von den Hodenschläuchen in eine flüssige Zwischensubstanz entlassen werden, von wo sie von den Samentrichtern aufgefangen und nach aussen geleitet werden. Zu einer sichern Aufnahme des Spermas in den Trichter dient nun die doppelte Wimperreihe. Die langen, sehr zarten Wimpern sind äusserst beweglich, und zwar derart, dass sie beständig in der gleichen gegenseitigen Lage bleiben, also immer einen trichterförmigen Hohlraum umschliessen, der allerdings an seinem Anfange enger oder weiter gemacht werden kann. Durch das abwechslungsweise Erweitern und Verengern des von den langen Wimpern eingeschlossenen Hohlraumes wird auf die in der Zwischensubstanz suspendierten Samenfäden jedenfalls eine Saugwirkung ausgeübt, so dass letztere schliesslich in den Trichterraum hineingezogen werden. Sind die Samenfäden einmal in den Wimpertrichterraum eingetreten und in die Tiefe getrieben, so werden sie von der II. Wimperreihe erfasst und durch ihre schlagende Bewegung in den Kanal des eigentlichen Trichters befördert. Mit Rücksicht auf die Lage der beiden Wimperreihen können wir die I. Wimperreihe als äussere Wimperreihe bezeichnen und die II. als innere Reihe. Für den Weitertransport durch den Samentrichter sorgt eine ausgiebige Bewegung des Organes. Diese kommt auf doppelte Weise zustande. Einmal vermögen die wenn auch spärlich entwickelten Muskeln eine Eigenbewegung bis zu einem bestimmten Masse herbeizuführen. Dann aber wird das ganze Organ infolge der intensiven Darmkontraktionen stark beeinflusst.

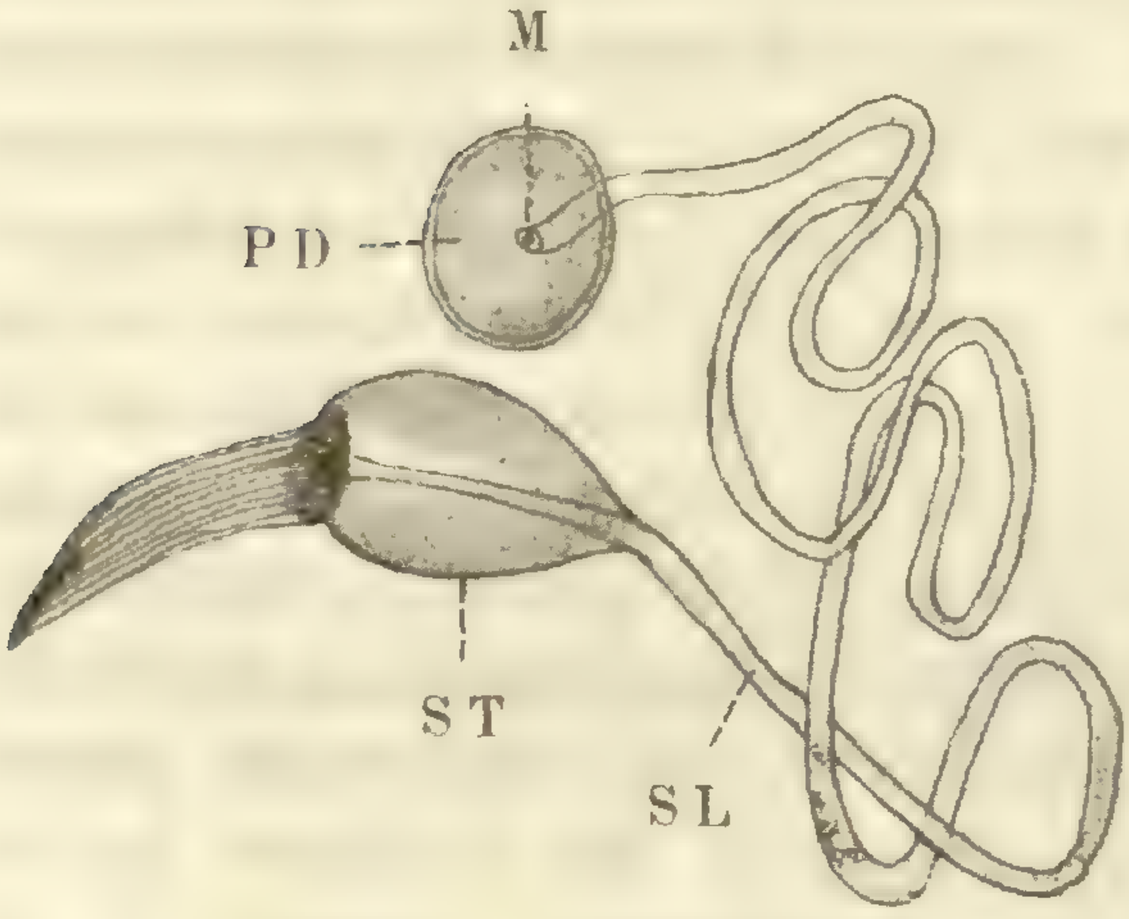
Textfigur 6.

Was den feinern Bau, d. h. den innern Aufbau des Samentrichters betrifft, so geht aus Fig. 13 ST hervor, dass das voluminöse Organ aus einem feinmaschigen, parenchymatösen Gewebe besteht, die Zellkerne sind gross. In der Mitte wird ein unregelmässig gestalteter Hohlraum gebildet, der zur Zeit der Geschlechtsreife mit Sperma angefüllt ist. Das Gewebe stellt entschieden keinen Zellverband drüsiger Elemente dar, wie verschiedentlich behauptet wurde. Es macht vielmehr den Eindruck, als ob das zarte Gewebe den in den Trichter eintretenden Spermamassen, d. h. dem dadurch entstehenden

Druck nachgibt und dadurch Raum schafft. Die Umhüllungsmembran ist von einer lichten Muskellage begleitet.

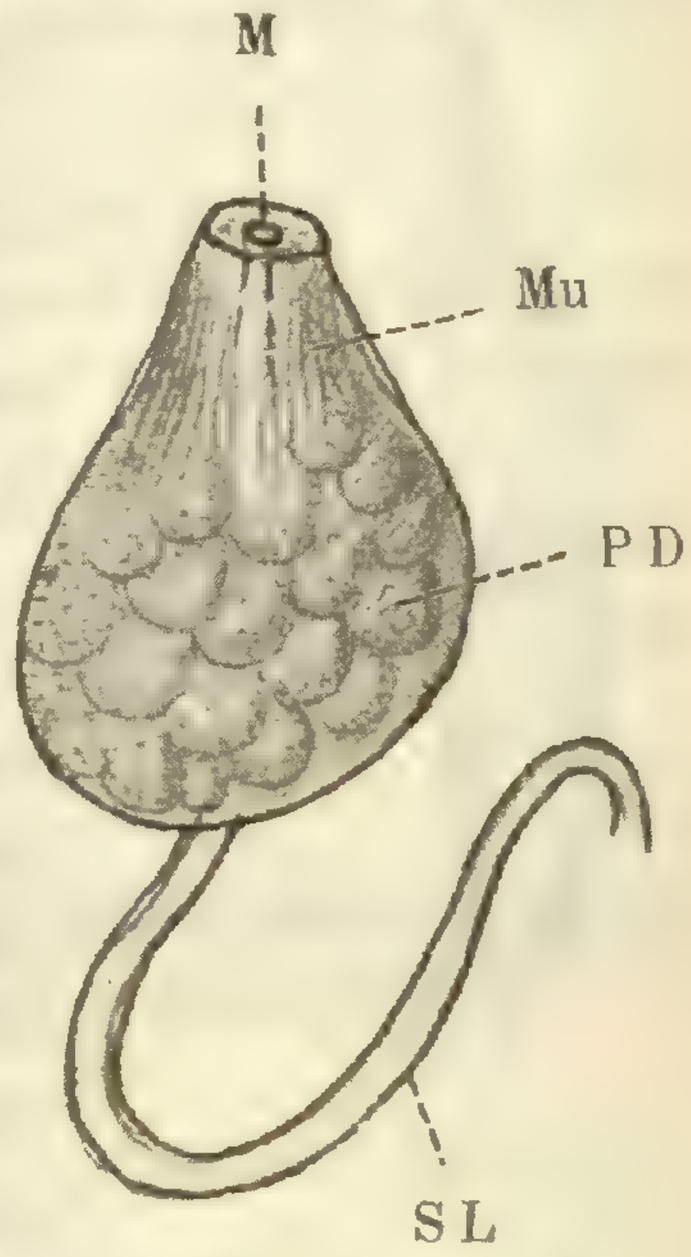
2. Der Samenleiter (*Vas deferens*).

Nachdem die Samenfäden den Samentrichter verlassen haben, treten sie in den reich gewundenen Samenleiter über. Dieser ist bei den verschiedenen Arten ungleich lang entwickelt, immerhin können wir entschieden wahrnehmen, dass er bei jenen Formen, bei denen er kürzer erscheint, in engere Windungen gelegt ist, so dass das Merkmal der Länge des Samenleiters wohl nicht den systematischen Wert besitzt, den man ihm beigemessen hat. Ich darf hier die Be-



Textfigur 7

M = Mündung des Samenleiters
PD = Prostata-Drüsen
ST = Samentrichter
SL = Samenleiter [Vas deferens]



Textfigur 8

M = Mündung des Samenleiters
Mu = Muskelbündel
PD = Prostata-Drüsen
SL = Samenleiter

schreibung der Lage des Kanales, sowie diejenige seines Baues übergehen, da die Resultate der Untersuchungen anderer Forscher, wie Vejdovsky, Michaelsen u. a. m. mit den meinigen übereinstimmen.

Einer kurzen Besprechung hingegen bedarf die Mündung des Samenleiters nach aussen. Diese liegt ventral im zwölften Körpersegment und ist gekennzeichnet durch einen starken, kegelförmigen Drüsenhaufen. Die beigegebenen Textfiguren mögen die allgemeinen Verhältnisse erläutern.

Nachdem der Samenleiter (SL) unter zahlreichen Windungen einige rückwärtige Körpersegmente durchzogen hat, wendet es sich

wieder nach vorn und tritt unmittelbar vor seiner Mündung in einen kegelförmig gebauten Drüsenhaufen. Wie die Textfigur 8 zeigt, sind die einzelnen Zellen gleichartig nach Bau und Lage. Das dickere Ende der birnförmigen Zellen ist nach rückwärts gerichtet, während die in einen Ausführkanal übergehenden vordern Enden die Sekrete der Drüsen in den letzten Abschnitt des Samenleiters ergiessen. Man bezeichnet diesen drüsigen Zellhaufen als Prostata und kann den frühern Autoren beipflichten, wenn sie annehmen, dass die zur Absonderung gelangenden Sekrete wie bei andern Würmern die Samenmassen lebensfähig erhalten. In Fig. 13 ist die Prostata im Schnitt getroffen (PD). Wir können dort die einzelnen Zellen unterscheiden und ebenso die nach der Tiefe zu verlaufenden Ausführkanäle. Ferner ist ein Stück des Samenleiters (SL) getroffen. Die Wände desselben sind mit einem einfachen Belage von würfelförmigen Zellen ausgestattet. Es sind dies ganz gleiche Elemente, wie wir sie bei der Hypodermis kennen lernten, und es dürfte darum eher wahrscheinlich sein, dass der Samenleiter resp. seine Wandungen eine Fortsetzung der Körperbedeckung unter bestimmten Modifikationen darstellt. Es wird diese Auffassung noch unterstützt durch die Beschaffenheit des Organes an der Mündungsstelle, wo wir feststellen können, dass sich die Körpercuticula tatsächlich einbuchtet und als Fortsetzung den Samenleiterkanal begleitet. Michaelsen glaubt zwar, es geschehe dies nur ein Stück weit. Die Auffindung der Grenze, wo die Körpercuticula von der Samenleiterwandnng abgelöst wird, dürfte aber recht schwer sein. Ich glaube deshalb, dass wir im ganzen Samenleiterorgan zwei ontogenetisch verschiedene Teile vor uns haben.

a) Der sich im lnnern aus bestimmten Zellelementen selbständig entwickelnde Samentrichter.

b) Der auf dem Wege einer Einsenkung der Körperbedeckung entstandene Samenleiter.

Es bleibt nun noch zum Schlusse übrig, die Mündungsstelle des Samenleiters genauer zu betrachten. Die Textfigur 8 zeigt uns, dass die Spitze des kegelförmigen Drüsenhaufens eine vom andern Teil abweichende Beschaffenheit aufweist.

Es treten dort offenbar muskulöse Elemente auf, die in irgend einer Weise beim Überführen des Spermas in die Samentaschen mitwirken. Den inneren Aufbau der fraglichen Stelle erkennen wir aus Fig. 13. Dort beobachten wir innerhalb der Prostata den Schnitt durch ein parenchymatöses, auf der äussern Fläche mit einem reichen Muskelnetz ausgestattetes Organ (P). Es stellt dies ohne Zweifel eine

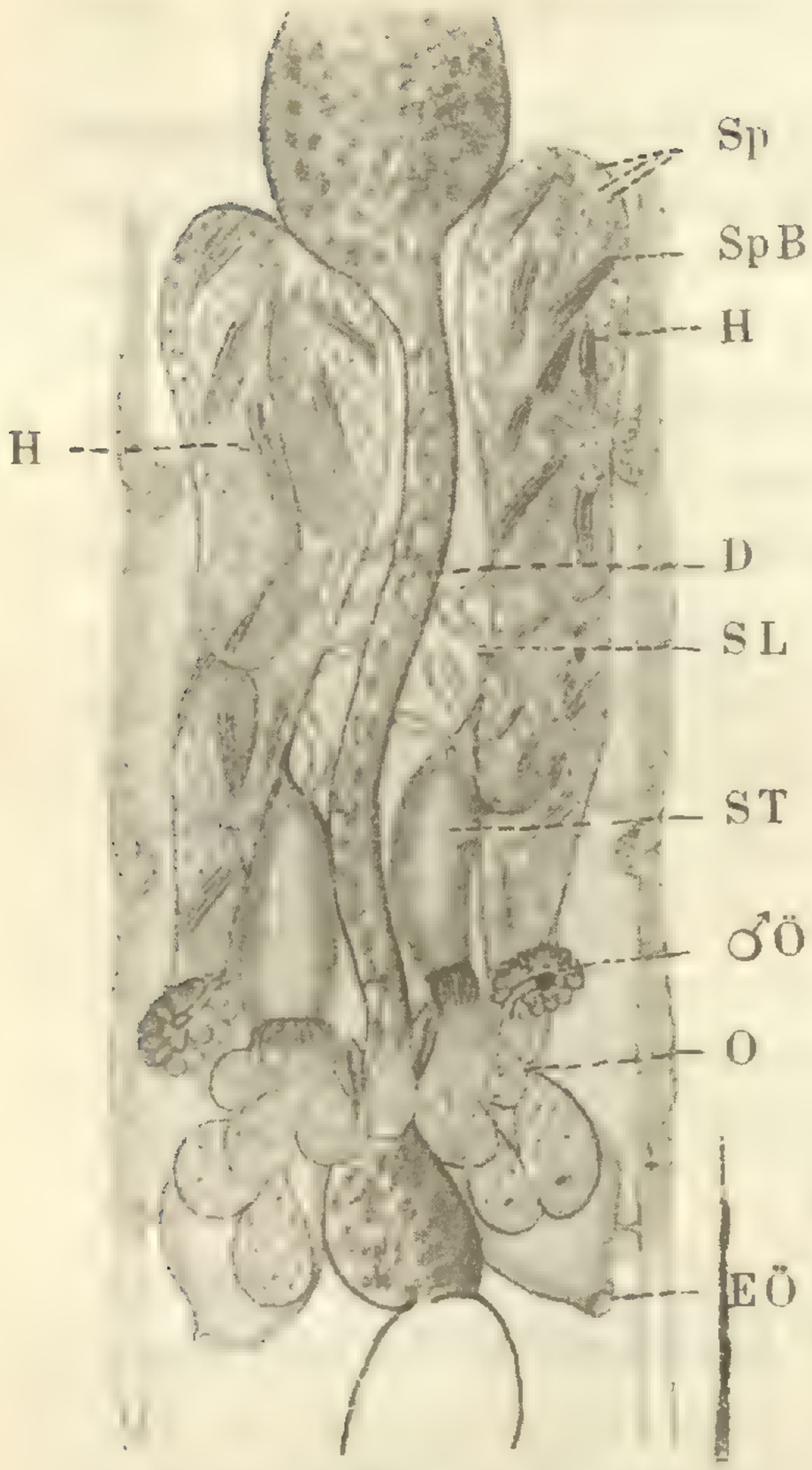


Fig. 12.

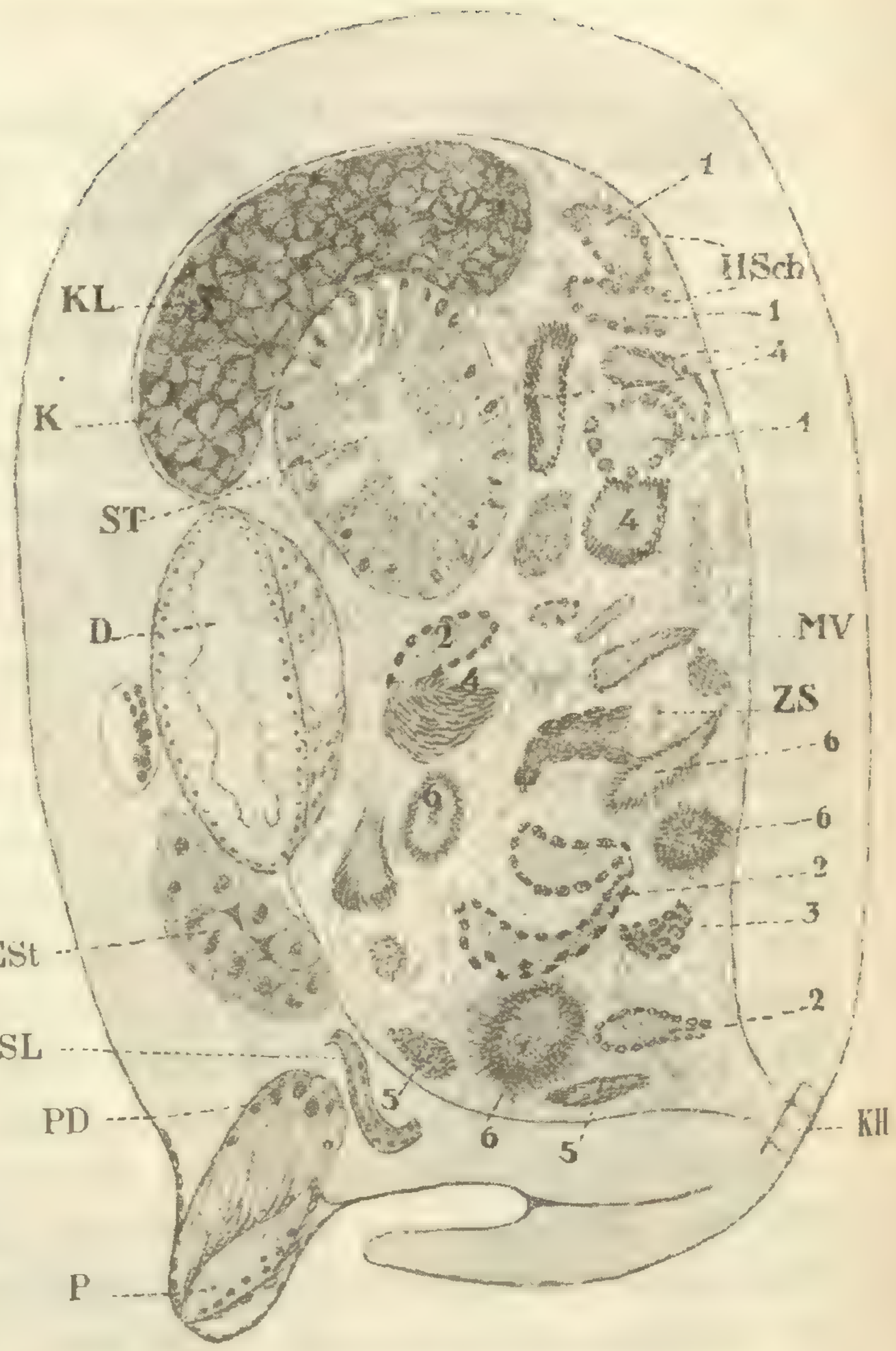


Fig. 13

Fig. 14

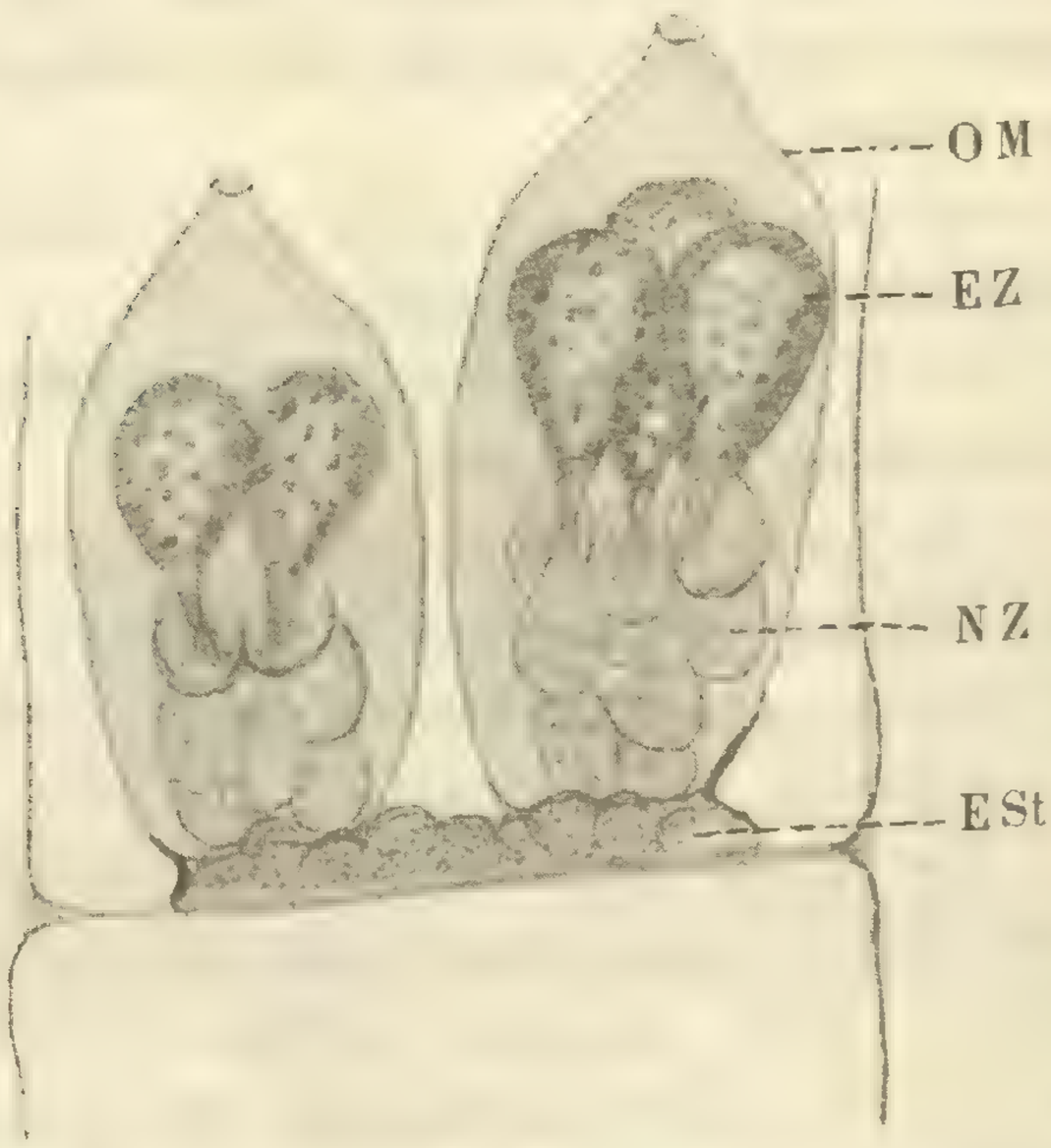


Fig. 15

Art Begattungsorgan (Penis) dar. Diese Auffassung wird gerechtfertigt, wenn wir auf andern Schnitten sehen, dass in das Organ der Samenleiter eintritt und an der Spitze desselben mündet. Im weitern lässt sich am lebenden Objekt bei vollkommen geschlechtsreifen Formen erkennen, dass das Begattungsorgan deutlich ausgestülpt werden kann und ohne Zweifel beim Geschlechtsakte in die Öffnung der Samentasche eingeführt wird. In Fig. 9 ist diese Öffnung im Schnitte getroffen (Oe♀) Dabei sehen wir auch hier ein ähnliches Organ nach aussen vorragen, wie wir es bei der Mündung des Samenleiters als Begattungsorgan beschrieben haben. Auf Grund von Beobachtungen am lebenden Objekt, während der Begattung kann festgestellt werden, dass diese Ausstülpung der Samentaschenmündung in die Eileiteröffnung des Partners eingeführt wird, um den Übertritt des Spermas durch Auseinanderdrücken der Eintrittsstelle zu ermöglichen. Es stellt das fragliche Organ also auch ein Begattungsorgan dar (Fig. 9 B).

Damit haben wir den Abschnitt über die männlichen Geschlechtsorgane, soweit es zweckdienlich erschien, beendet, und wir gehen über zu

3. Die weiblichen Geschlechtsorgane.

Es fallen hier wieder zwei Teile in Betracht, nämlich:

a) Die Samentaschen.

b) Die Ovarien.

a) Die Samentasche *(Receptaculum seminis)*.

(Fig. 9.)

Ich kann mich in der Besprechung dieses Teiles kurz fassen, da meine Untersuchungsresultete im allgemeinen mit denjenigen der ältern Autoren übereinstimmen. Aus der Beobachtung junger Entwicklungsstadien wie Fig. 14 es zeigt, geht hervor, dass sich in der Intersegmentalfurche 4/5 eine Einsenkung der Körperbedeckung zu bilden beginnt; die in einem bestimmten Entwicklungsstadium sich nach innen birnförmig zu erweitern beginnt und von da ab sich durch Wachstum zum endgültigen Organ entwickelt. Wir haben also zu beachten, dass im ganzen Umfange des Organes die Cuticula und die Hypodermisschicht unter bestimmten Modifikationen erkennbar sind. Das Receptaculum seminis und dessen Zufuhrkanal stellen also in der Entwicklung ein einheitliches Organ dar. In Fig. 9 haben wir einen Längsschnitt durch die Samentasche. R stellt die eigentliche Samentasche dar. Wir nehmen wahr, dass sich in ihrem Bereiche die Hypodermiszellen (Hy) zu ungleich hohen zylindrischen Zellen entwickelt haben. Dass diese Hypodermiszellen während der Ge-

schlechtstätigkeit derart fortwachsen, dass sie den frühern Hohlraum ganz erfüllen, kann ich nicht bestätigen. Es würde dies auch für den Begattungsakt von folgenschwerer Bedeutung sein, da die in den Nebentaschen (NT) angehäuften Spermamassen keinen Ausweg mehr finden würden und eine Befruchtung könnte gar nicht vor sich gehen. Dass die betreffenden Autoren aber eine derartige Erscheinung doch konstatiert haben, liegt in dem Umstande, dass nach erfolgter Begattung bei der allgemein eintretenden Reduktion der Geschlechtsdrüsen und Leitungswege die Hypodermiszellen der Samentaschen sich zu lockern beginnen und dann tatsächlich den Hohlraum ausfüllen.

Die Samentaschen bestehen morphologisch aus zwei Teilen.

1. Die eigentliche Samentasche Receptaculum seminis (R).
2. Die Ausführgänge (K).

Die Samentasche selbst hat bei den verschiedenen Formen nach den Beobachtungen der frühern Autoren sehr verschiedene Gestalt. Die von mir nach dieser Richtung untersuchten vier Gattungen (Enchytraeus, Henlea, Fridericia und Pachydrilus) zeigen in der Gestaltung des Organes keine wesentlichen Differenzen. Überall erscheint, wie aus Fig. 9 hervorgeht, eine birnförmige Erweiterung, die den Hauptteil des Organes darstellt. Die Hypodermiszellen (Hy) haben sich in verschiedenem Masse in die Länge ausgewachsen und lassen in der Mitte einen unregelmässig gestalteten Hohlraum frei, der zur Zeit der Geschlechtstätigkeit mit Sperma angefüllt ist. Die einzelnen Zellen beherbergen einen grossen Kern. Das Zellplasma ist grobkörnig. Ich wage nicht zu entscheiden, ob wir es hier mit drüsigen Gebilden zu tun haben, d. h. mit Hypodermiszellen, die einem Funktionswechsel unterworfen wurden. Man könnte sich unter diesen Umständen ganz wohl vorstellen, dass die zur Absonderung gelangenden Sekrete die den Raum passierenden Spermamassen in Fluss behalten würden.

In der Entwicklung des Organes erscheinen am vordern Pole der Samentasche schon frühzeitig zwei bis vier Ausstülpungen, die je nach dem Entwicklungsgrad mehr oder weniger kugelförmig angeschwollen sind. Es sind dies die sog. Nebentaschen (NT) Diese Aussackungen besitzen nun im Gegensatz zu der eigentlichen Samentasche keine stark entwickelte Hypodermiszellschicht. An deren Stelle tritt ein gut ausgebildetes Muskelsystem (M). Die Erklärung zu dieser Differenzierung der Samentasche findet sich, wenn man die Entwicklung des Organes genau verfolgt. Über die Art der Begattung brauche ich hier nicht zu sprechen; denn dies wurde von Michaelsen beobachtet und beschrieben. Ich erinnere nur daran, dass je zwei Individuen sich derart aneinander legen, dass das männliche Begattungs-

organ des einen auf die Öffnung der Samentasche des andern und umgekehrt gelangt. Damit wird das Überfliessen des Spermas aus den männlichen Drüsen des einen in die Samentaschen des andern Individuums ermöglicht. Das bildet nun den ersten Teil des Begattungsaktes. Die Samenfäden fliessen durch den Kanal (K) in die Samentasche (R) und werden von hier aus in die Nebentaschen (NT) hineingetrieben. Letztere werden dadurch zu kugeligen Gebilden.

Der zweite Akt, der zur Befruchtung des weiblichen Keimmateriales führt, verlangt eine kleine Lageveränderung der sich paarenden Individuen, denn die Öffnungen der Samentasche, die ursprünglich auf die Samenleiteröffnungen des zwölften Segmentes zu liegen kommen, müssen, um das Sperma in den Eileiter überzuführen auf das dreizehnte Segment gelegt werden. Dass eine solche Lageverändcrung bei der Begattung nicht etwa direkt im Anschluss an die Überführung des Spermas in die Samentaschen bewerkstelligt wird, konnte in den Zuchtgefässen festgestellt werden. Es ergibt sich aus jenen Beobachtungen, dass die beiden Individuen sich vollständig trennen um nach kurzer oder längerer Zeit, gewöhnlich mit andern Partnern wieder zusammenzutreten, und zwar derart, dass die Samentaschenöffnung (Oe♀) auf die Eileiteröffnung des dreizehnten Segmentes zu liegen kommt. Bei diesem Vorgange wird nun das in den Nebentaschen aufbewahrte Sperma durch die Tätigkeit der genannten Muskeln herausgetrieben und in den Eileiter überführt, wo es dann zur Befruchtung der gebildeten Eizellen gelangt.

Bei diesem zweiten Teile des Begattungsaktes spielt das in Fig. 9 gezeichnete Begattungsorgan (B) eine Rolle, wie auf Seite 193 angegeben wurde.

In bezug auf den Ausführkanal (K) ist zu bemerken, dass sich öfters kleinere und grössere Aussackungen bilden, die manchmal bis nahe an die Oberfläche herantreten (A). Welche Bedeutung diesen Teilen der Leitungswege beizumessen ist, kann vorläufig nicht gesagt werden.

Es wird nun besonders von Michaelsen bei *Enchytraeus Möbii* beschrieben, dass der Kanal (K) beim Übergange in die Samentasche in dieselbe hineinreicht, also derart, dass die beiden Teile, Samentasche einerseits und Leitungswege anderseits, selbständige Bestandteile des ganzen Organes bilden. Es konnte eine solche Organisation der Samentasche in keinem von mir untersuchten Falle beobachtet werden. Der Übergang der Leitungswege in die Samentasche vollzieht sich, wie aus Fig. 9 sichtbar wird, allmählich, und die Wandungen der erstern bilden die Fortsetzung derjenigen der letztern.

Ferner wird durchwegs angenommen, dass die Samentasche (R)

mit dem Darm vollständig verwächst. Dabei soll ein Durchbruch der beiden aneinanderstossenden Wände zustande kommen, so dass das Lumen der Samentasche mit demjenigen des Darmes in Verbindung steht. Es soll dadurch ein Übertritt des Spermas in den Darm ermöglicht werden. Nach Auffassung verschiedener Autoren würde diese Stelle als Abzugsventil für überflüssige Spermamassen dienen. Michaelsen schreibt pag. 41, dass es ihm gelungen sei, auf Schnitten Sperma im Darm festzustellen. Das ist nun eine Tatsache, die auch ich bestätigen kann. Sie berechtigt aber m. E. durchaus nicht eine Verwachsung der beiden Organe und eine Durchbrechung der Wandungen zu proponieren, wenigstens muss ich eine solche Tatsache bei meinem Untersuchungsmaterial in Abrede stellen. Dass Sperma durch das Schneiden des Objektes in den Darmkanal verbracht werden kann, sieht man leicht ein, um so mehr die beiden Organe dirckt aneinander anstossen. Ebenso ist bei der für das Schneiden nicht so günstigen Beschaffenheit des Objektes es wohl möglich, dass eine Kommunikation an den Berührungsstellen durch Risse leicht vorgetäuscht werden kann. Übrigens würde eine Öffnung nach dem Darm unter Voraussetzung der von Michaelsen beschriebenen Beschaffenheit der Samentaschen illusorisch sein, denn der Autor lässt das Innere des Receptaculum ganz von den Hypodermiszellen ausgefüllt sein, wodurch es dem Sperma sowieso unmöglich wäre in den Darm überzufliessen. Die Erscheinungen bei den Reduktionsvorgängen nach vollzogener Begattung lassen klar erkennen, dass das nicht zur Verwendung gelangte Sperma durch den Zerfall der Nebentaschen, in das umliegende Gewebe gelangt. Das sind die ersten Spuren des allgemein eintretenden Reduktionsprozesses, der zur Auflösung des Individuums führt. Ich kann deshalb nicht einsehen, warum eine Kommunikation mit dem Darm vorhanden sein soll und glaube auch, dass eine solche bei den Enchytraeiden nicht vorkommt, vielmehr bei der Präparation uns vorgetäuscht wird.

Über die Entwicklung der Samentaschen ergeben die Untersuchungen und Beobachtungen unzweideutig, dass wir es hier mit selbständigen Organen zu tun haben, die in ihren ersten Stadien, wie die beiden Textfiguren zeigen, durchaus einheitlich sind und vorläufig zwischen eigentlicher Samentasche und Leitungswegen noch nichts unterscheiden lassen.

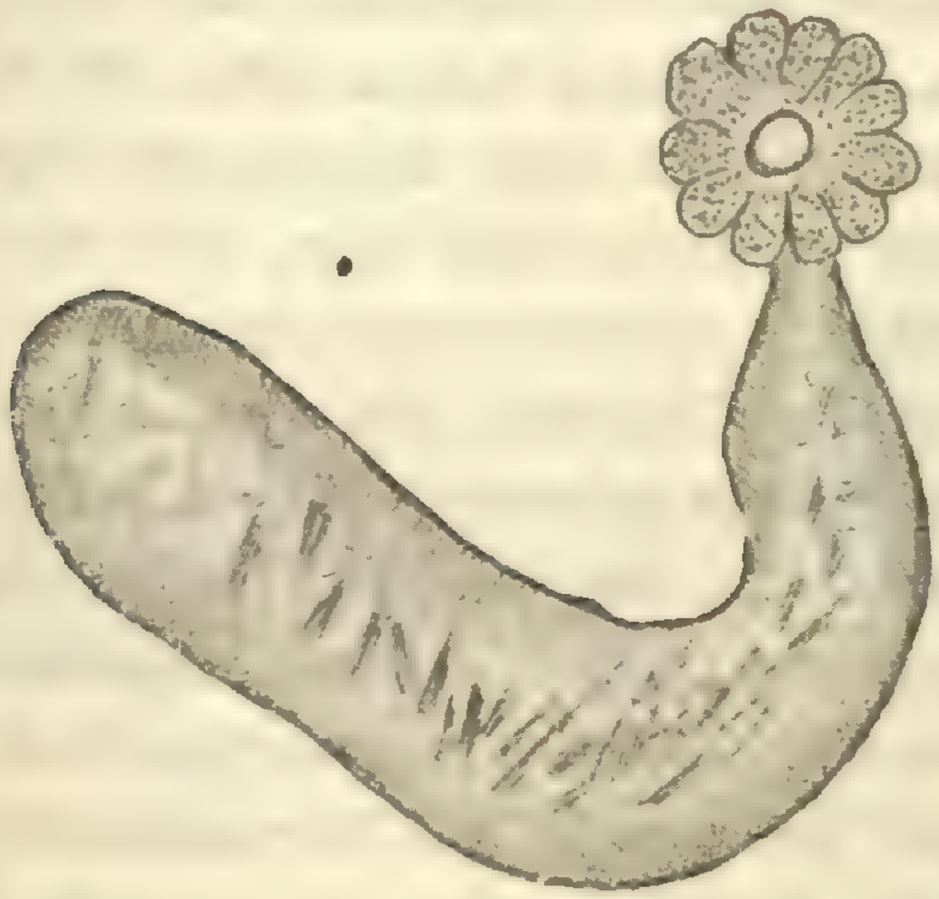
Zudem wird deutlich sichtbar, dass erst die eintretenden Samenmassen ein starkes Wachstum des Organes einleiten, und ebenso dürfte die sog. Nebentasche in ihrer Entstehung auf den Druck des eingeführten Spermas zurückzuführen sein. Das Zylinderepithel ent-

wickelt sich ebenfalls erst mit der vollen Tätigkeit des Organes und erreicht seine grösste Ausdehnung erst in dem Momente, wo die Samenfäden schon in den Nebentaschen versorgt sind. Es spielt also offenbar bei diesem ersten Vorgange keine Rolle. Umsomehr ist anzunehmen, dass es bei der Ableitung des Samens von Bedeutung ist, und da liegt, wie schon bemerkt, die Möglichkeit vor, dass es auf Grund seiner drüsigen Beschaffenheit, Sekrete absondert, die einen Abtransport des Spermas ermöglichen.

b) Die Ovarien.

(Figuren 12, 13, 15.)

Es muss auch für die Besprechung der Ovarien bemerkt werden, dass nur jene Fragen herausgegriffen werden, die der hier gestellten Aufgabe gerecht werden und unter diesen wieder nur jene, die bis-



Textfigur 9.

Textfigur 10.

her nicht eindeutig gelöst waren. Es geht daraus hervor, dass wir von einer Darstellung der Ovogenese vorläufig absehen müssen, trotzdem die bisherigen Forschungsresultate bei dieser Organismengruppe spärlich sind.

Dass die Ovarien im zwölften Segment liegen, wurde schon früher durchwegs erkannt. Nun aber begegnen wir grösstenteils der Auffassung, als ob die Ovarien traubenförmige Wucherungen des entsprechenden Dissepimentes darstellen, d. h. also die einzelnen Ovarialzellen sollen nach dieser Auffassung am Dissepiment festgeheftet sein. Einzig bei *Enchytraeus Buchholzi* finde Vejdovsky eine Art Eierstock, von dem aus die Eier gebildet werden.

Nun ist es von vornherein klar, dass ein Keimboden irgendwelcher Art, aus dem sich die Eier herausbilden, in allen Fällen vorhanden sein muss, und es muss als ungenügend untersucht bezeichnet

werden, wenn man sich damit begnügt, festzustellen, dass die Eizellen am Dissepiment festgeheftet sind. Es war mir nun möglich, bei den vier untersuchten Gattungen über den genannten Punkt Klarheit zu erlangen. Dabei hat sich ergeben, dass in jedem Fall ein Keimboden, den man als Eierstock bezeichnen kann, vorhanden ist, und zwar ist er, wie Fig. 15 zeigt, für beide Ovarien gemeinsam (E St).

Der Keimboden, resp. Eierstock, befindet sich am Dissepiment zwischen dem elften und zwölften Körpersegment und stellt eine erhebliche Verdickung desselben dar. Seine Struktur ist eine zellige, wobei die äussern Elemente immer mehr in das zwölfte Segment hineinwachsen (Fig. 12 O), dabei am Grunde neuen Wucherungen Platz machend. Auf diese Weise werden die zuerst gebildeten Zellen immer mehr von ihrem Mutterboden abgedrängt. Hat die Keimzellenwucherung eine gewisse Grösse erreicht, so bilden sich am Ende derselben die eigentlichen Eizellen in der von Vejdovsky und Michaelsen beschriebenen Weise heraus. Alle jenen Zellen (Fig. 15 NZ), die zwischen den eigentlichen Eizellen und dem Keimboden liegen, bilden das Nährmaterial für die sich entwickelnden Eier, und sie beginnen mit fortschreitender Entwicklung zusammenzuschrumpfen.

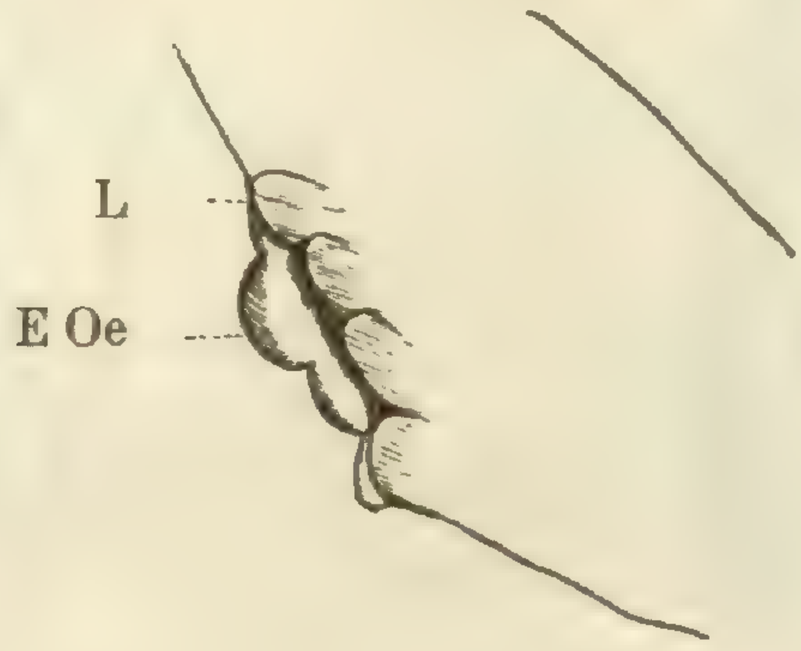
Die Art, wie die Eizellen (Fig. 15 EZ) mit den Nährzellen in Verbindung stehen, wird bisher unerwähnt gelassen. Wie aus Fig. 15 hervorgeht, besitzen die Eizellen (EZ) an den den Nährzellen zugekehrten Enden eine in sie hineinragende Spitze. Dieses ausgezogene Ende des Eies nimmt im Bereiche der Nährzellen eine faserige Struktur an. Es werden gleichsam Äste und Ästchen in die Vorratskammern hineingetrieben, um die Quellen wie durch ein Kanalsystem an den Verbrauchsort hinzuleiten. Die beschriebene Beschaffenheit des Eipoles bleibt solange bestehen, als das Ei im Wachstum begriffen ist. In Fig. 13 ist der Keimboden im Schnitt gezeichnet (ESt). Wir sehen dort eine Anzahl eng gedrängter Zellen, die nach der Lage des Schnittes zu urteilen die erste Lage vom Keimboden abgedrängter Zellen bildet.

Es wird ferner angenommen, dass die Eier frei in die Leibeshöhle hineinragen, dass sie also keine Umhüllung besitzen. Dem ist aber nicht so.

Wie aus Fig. 15 hervorgeht, entwickelt sich eine regelrechte Ovarialmembran (OM). Sie scheint am Grunde des Keimbodens mit dem Dissepiment zu verwachsen. Nach Michaelsen sollen die Eier zunächst in die Leibeshöhle fallen und erst nachher sich in einem Sack des Dissepimentes XII/XIII sammeln. Eine solche nachträgliche Bildung einer Membran ist nicht wahrscheinlich, und wenigstens für

die von mir untersuchten Fälle auch nicht vorhanden. Hier kann genau verfolgt werden, dass mit der ersten Anlage des Keimbodens sich auch die Eileiteröffnung (Fig. 12 EÖ) als Einstülpung der Körperwand zu bilden beginnt, und noch bevor die Eier vom Mutterboden abgedrängt sind, hat sich die von aussen sich bildende Einbuchtung nach innen erweitert und umschliesst dann die ganze weibliche Keimdrüse in Form einer Membran. Es geht daraus hervor, dass wir es hier mit einem wirklichen Eileiter zu tun haben, der allerdings sehr kurz bleibt.

Die Eileitermündungen sind, wie schon Vejdovsky hervorgehoben hat, ausserordentlich schwer zu sehen. Das gilt besonders für die Beobachtungen am lebenden Objekt. Sie erscheinen in der Form zweier auf der Ventralseite des dreizehnten Segmentes schräg in das Körperinnere hineinziehender Rinnen. Wie schon oben angedeutet, bilden sie sich, wie die andern Mündungen der Geschlechts-



Textfigur 11.
E Oe = Eileiteröffnung
L = Lappen

organe, auf dem Wege einer Einsenkung von aussen her. Somit stellt auch hier die Körpercuticale die Wandung des Eileiters dar. Sie erscheint hier allerdings in ausserordentlicher Zartheit. In allen untersuchten Fällen lässt sich nun feststellen, dass die Mündung des Eileiters nicht nur eine einfach gestaltete Spalte darstellt, vielmehr legt sich die einsenkende Körpercuticule in eine Anzahl Falten. Bei der in der Textfigur 11 skizzierten Form (Enchytraeus humicultor) sind es deren sieben. Nach den bisherigen Erfahrungen zu schliessen, ist die Zahl der Lappen bei den einzelnen Spezies konstant; sie variiert hingegen bei den verschiedenen Gattungen. Es dürfte die Beschaffenheit der Eileitermündung also als systematisches Merkmal eine gewisse Bedeutung erlangen. Ich muss aber diese Fragen hier übergehen, da sie dem eigentlichen Thema ferner liegen.

Diese charakteristische Beschaffenheit der Eileitermündung wird

verständlich, wenn wir die Eiablage beobachten. Die relativ grossen Eier können nämlich auf Grund der beschriebenen Gestaltung beim Passieren der Mündung die einzelnen Lappen weit auseinanderdrücken.

Nachdem die Fortpflanzungsorgane, deren Darstellung hier notwendig wurde, besprochen sind, gelangen wir zum letzten Abschnitt nämlich:

4. Die Eiablage.

Es geht aus den bisherigen Untersuchungen hervor, dass man heute annimmt, dass die Enchytraeiden die Eier durchwegs zu mehreren vereinigt in Form von sog. Eicoccon ablegen (Textfig.13). Michaelsen

Textfigur 12.

Textfigur 13.

beschreibt den Vorgang Seite 8 seiner Arbeit über Enchytraeus Möbii. Wie schon im Kapitel über den Gürtel ausgeführt wurde, ist der Vorgang vollständig richtig beobachtet. Hingegen ist es nicht richtig, wenn man annimmt, dass diese Art der Eiablage die allgemeine sei, d. h. es lässt sich feststellen, dass die Enchytraeiden ihre Eier auch einzeln ohne Coccon ablegen, wie Textfigur 12 es zeigt. Schon durch meine Untersuchungen am Material, das direkt aus dem Freien bezogen wurde, fiel es mir auf, dass zu gewissen Zeiten nur Einzeleier zu finden waren. Zunächst liess sich annehmen, dass diese Eier möglicherweise von andern Lebewesen abgelegt worden waren. Ganz einleuchtend schien mir aber diese Erklärung nicht, weil die im gleichen Material gefundenen Enchytraeiden wie immer zum Teil vollständig geschlechtsreife Individuen zeigten. Es musste eine Eiablage also doch vor sich gehen, um so mehr, als man sich jederzeit überzeugen kann,

dass die Enchytraeiden während dem grössten Teil des Jahres in geschlechtsreifem Zustande anzutreffen sind. Auf Grund solcher Erwägungen wurde der Sache nun bei den unternommenen Zuchtversuchen die notwendige Aufmerksamkeit geschenkt. Da zeigte es sich klar, dass die verwendeten Enchytraeiden bei für sie normal feuchter Umgebung ihre Eier regelmässig in Form von Einzeleiern ablegten. Sobald aber das umgebende Medium einen gewissen Grad der Austrocknung erreicht hatte, erschienen die sog. Eicoccon. Im allgemeinen kann gesagt werden, dass die Einzeleier hauptsächlich im Herbst, Winter und Frühling erscheinen, während die Eicoccon namentlich im Sommer gebildet werden. Die Zahl der in einer Umhüllung vereinigten Eier scheint recht verschieden zu sein. Zur Beobachtung gelangten solche, die drei bis zwölf Eier enthielten. Dabei ist zu bemerken, dass die Verschiedenheit nicht etwa im Sinne einer Gattungseigentümlichkeit aufzufassen ist, vielmehr scheinen äussere Faktoren, wie schnellere und langsamere Austrocknung der Erde, bestimmend einzuwirken. Der Unterschied zwischen den Einzeleiern und denjenigen in einen Coccon vereinigten ist nicht gross. Auf Grund häufiger Messungen liess sich ermitteln, dass die erstern im allgemeinen etwas kleiner sind, und wie es scheint, etwas weniger Nährsubstanz enthalten.

Dieser Umstand, im Verein mit der Tatsache des zeitlich getrennten Auftretens der beiden Eiformen, dürfte sicherlich irgend eine Anpassungserscheinung darstellen. Meine Versuche mit den Enchytraeiden, die während des ganzen Winters und Sommers fortgesetzt wurden, also einen vollständigen Lebenszyklus einschliessen, lassen klar erkennen, in welcher Weise diese Tiere an den Feuchtigkeitsgehalt des umgebenden Mediums gebunden sind. Während ein Zuviel von Feuchtigkeit ihre Lebensprozesse in gewisser Beziehung bis zu einem Maximum zu steigern vermag, lässt eine nur geringe Austrocknung des Bodens ihre Lebenstätigkeit bald einstellen.

Nun wissen wir, dass das Erdreich in bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt in den einzelnen Jahreszeiten grossen Schwankungen unterworfen ist. Im allgemeinen finden wir den Boden, d. h. jene oberflächlichen Schichten, worin sich die Enchytraeiden aufhalten, im Winter und Frühling am feuchtesten, während im Sommer stärkere und schwächere Austrocknungen oft vorkommen. Solche Trockenzeiten müssen für die Enchytraeiden zweifellos verhängnisvoll werden, da sie dagegen wenig geschützt sind. Zahlreiche Erdproben in den verschiedenen Jahreszeiten bei trockener und bei feuchter Witterung rechtfertigen die dargelegte Auffassung vollkommen, indem eine Regen-

periode das Leben der Enchytraeiden in jedem Fall fast plötzlich zu maximaler Höhe anschwellen lässt. Es dauert dies dann so lange, als genügend Feuchtigkeit vorhanden ist. Sobald nun aber die untere Grenze im Feuchtigkeitsgehalt erreicht ist, gehen grosse Massen von Würmern zugrunde und übrig bleiben nur mehr die in grosser Zahl vorhandenen Eicoccon. Innerhalb der Cocconhülle dürften die Eier den verderblichen Einflüssen der Trockenheit jedenfalls entzogen sein. Die Eicoccon sind solange zu beobachten, als die Trockenheit anhält, während ein Regen die Entwicklung wieder in Fluss bringt.

Damit begegnen wir bei den Enchytraeiden einer Erscheinung, die namentlich im Reiche der Insekten weit verbreitet ist. Es ist dies die Produktion einer speziell der Überdauerung ungünstiger Zeiten angepassten Eiform. Meistens treten solche als Wintereier auf. Auch die bei den Enchytraeiden beobachteten Eigentümlichkeiten der für diesen Zweck erzeugten Eicoccons entsprechen den allgemeinen Anforderungen, indem sie

a) durch die aus Drüsensekreten entstandene Cocconhülle vor der verderblichen Austrocknung geschützt sind,

b) durch eine reichlicher bemessene Dottersubstanz eine möglicherweise eintretende Verzögerung in der Entwicklung schadlos überstehen.

Es bedeutet diese Erscheinung für die Enchytraeiden, wie übrigens für alle jene Lebewesen, bei denen ähnliche Vorgänge eintreten, eine Sicherung der Art. Ohne diese Vorkehr müssten sommerliche Trockenzeiten für die kleinen Erdbewohner geradezu katastrophal wirken, und wenn wir zudem die interessanten Beziehungen der genannten Oligochaeten zur Humusbildung ins Auge fassen, dann muss es uns klar werden, dass im Interesse eines für uns wichtigen Vorganges im Boden die Produktion von widerstandsfähigen Entwicklungsformen von eminenter Bedeutung ist.

In einer Richtung unterscheiden sich die hier zur Beobachtung gelangten Vorgänge von ähnlichen in andern Tiergruppen, indem die widerstandsfähigen der Erhaltung der Art dienenden Eiformen nicht im Winter erscheinen, vielmehr durchwegs im Sommer. Dabei muss ausdrücklich bemerkt werden, dass es sich hier nicht um einen scharf abgegrenzten Wechsel von zwei Eiformen handelt; denn die Eicoccon erscheinen immer in jenen Zeiten, wo eine Trockenperiode die erwachsenen Tiere zu ersticken droht. Weil diese Art von Eiern also gewissermassen den äussern Existenzverhältnissen angepasst ist, so wird es am zweckmässigsten sein, sie als Dauereier zu bezeichnen. In jenen Zeiten aber, wo die Lebensbedingungen günstig sind, wo

Feuchtigkeit und Wärme ein intensives Leben gestatten, da bedarf es der beschriebenen Vorkehren nicht. Die Eier werden nach ihrer Ausbildung und Befruchtung einzeln abgelegt und gelangen infolge des sie günstig beeinflussenden Mediums schnell zur Entwicklung. Nur so ist es möglich, das sprungweise zur maximalen Höhe anstrebende Enchytraeidenleben zu erklären.

Schlussbemerkungen.

Wenn die Hauptaufgabe der dargestellten Untersuchungen auch in der Feststellung jener Lebensäusserungen der Enchytraeiden, die für die Bodenkultur von Wichtigkeit sind, und deren Begründung in gewissen anatomischen Erscheinungen gesucht werden muss, so konnte es nicht umgangen werden, manche Frage der Systematik zu streifen. Dabei wurde es klar, dass eine eindeutige Festlegung der verschiedenen untersuchten Formen als Spezies der genannten Gattungen kaum angängig war, da bei genauerer Betrachtung die heute geltende Merkmalausscheidung zum Zwecke der Unterscheidung der einzelnen Formen z. T. eine wenig geeignete ist. Dass ich in der vorliegenden Arbeit nun nicht ins einzelne darauf eingehen kann, liegt darin begründet, dass mir zu diesem Zwecke noch zu wenig Formen zur Verfügung stehen. Die am verarbeiteten Material hervortretenden Erscheinungen aber möchte ich hier in einer kurzen Schlussbemerkung festhalten.

Was bei einer eingehenden Bewertung der Anatomie und Morphologie der innern Organe besonders auffällt, das ist ihre grosse Veränderungsfähigkeit. Diese dokumentiert sich nach zwei Richtungen hin.

1. Je nach dem Alter des untersuchten Individuums erscheinen die innern Organe in weiten Grenzen verschieden. Man kann darin deutlich drei Abstufungen unterscheiden:

a) Das Jugendstadium.

Es trägt diese Stufe der Entwicklung in der Ausbildung der verschiedenen Organe stark larvalen Charakter. Hoden, Ovarien, Samentrichter und Samentaschen befinden sich in der Entwicklung und zeigen nach ihrer Gestalt und Ausdehnung ein ganz anderes Bild als in der folgenden Entwicklungsstufe. Ebenso könnten das Blutgefäßsystem, das Nervensystem, sowie die Segmentorgane zu in systematischer Richtung unliebsam sich geltend machenden Täuschungen Anlass geben.

b) Die Stufe der vollen geschlechtlichen Entwicklung.

Es dürfte festzustellen sein, dass für systematische Untersuchungen

ausschliesslich dieses Stadium herangezogen werden darf. Sobald diese Forderung allgemein erfüllt wird, dürften jene in vielen Fällen nur gefühlsmässig feststellbaren Differenzen irgend eines Organes ausgeschaltet sein, und es geht aus meinen dahin gemachten Untersuchungen klar hervor, dass das System der Enchytraeiden sich dann bedeutend einfacher gestalten wird.

c) Das Altersstadium.

Damit wollen wir vorläufig jene Zeit im Leben des Individuums bezeichnen, wo die Geschlechtstätigkeit aufgehört hat. Allzulange dehnt sich diese Lebensstufe nicht aus, da man die Beobachtung machen kann, dass nach erfolgter geschlechtlicher Funktion das Individuum ziemlich rasch dem Zerfall entgegen geht. Es ist im Tierreich eine verbreitete Erscheinung, das nach Abschluss der Fortpflanzung die Körperorgane, namentlich die Geschlechtsorgane, einer deutlichen Reduktion entgegengehen. Eine solche Erscheinung kann bei den Enchytraeiden in weitgehendem Masse festgestellt werden, und es liegt deshalb auf der Hand, dass eine Heranziehung dieser Lebensstufe zur Festlegung systematischer Merkmale besonders verhängnisvoll werden muss.

2. Sämtliche innere Organe, mit Ausnahme des Darmes, sind nach ihrer Form im gleichen Lebensabschnitt stark veränderlich. Es liegt dies teils in ihrem anatomischen Aufbau und teils in der Art der Verbindung mit andern Körperteilen. Die Samentaschen und deren Zufuhrkanäle z. B. unterliegen in dieser Richtung ganz erheblichen Schwankungen. Das kann man jederzeit leicht feststellen, wenn wir ein lebendes Objekt längere Zeit unter dem Deckgläschen betrachten. Da aber gerade die genannten Teile zur Unterscheidung der verschiedenen Formen (Gattungs- und Speziesmerkmal) oft herangezogen werden, so darf es nicht auffallen, wenn man bei der Bestimmung der Tiere jenen Grad von Unsicherheit erreicht, wo die Gewissheit über eine richtige Einordnung zu fehlen beginnt.

Aus solchen Erwägungen heraus habe ich es bei der vorliegenden Arbeit unterlassen, die untersuchten Formen nach dem einen oder andern System zu bemessen. Sobald es mir auf Grund von einem reichern Vergleichsmaterial möglich ist, werde ich versuchen, die hier gemachten Erfahrungen zu verwenden.

Meine diesbezüglichen Untersuchungen haben vorläufig ergeben, dass wir bei den Enchytraeiden, d. h. deren systematischer Einordnung besonders vier Merkmalsgruppen morphologischer Natur heranziehen müssen.

I. Das Borstenfed (Borstentaschen).
   a) Vorhanden.
   b) Nicht vorhanden.
II. Die Borsten.
   a) Vorhanden.
   b) Nicht vorhanden.

Wenn die Borsten vorhanden sind, dann können sie in folgender Weise verwendet werden:

   α) Zahl der beieinanderstehenden Borsten.
   β) Zahl der dorsalen und ventralen Borstenbündel.
   γ) Gleichheit oder Ungleichheit der zu einem Bündel vereinigten Borsten beim gleichen Individuum.
   δ) Form der Borsten.
   ε) Verhalten der Borsten eines Bündels in bezug auf ihre Länge.

III. Mund- und Kopflappen.
   a) Gezähnt.
   b) Nicht gezähnt.
IV. Körperlänge.

Das letzte Merkmal kann nur verwendet werden, wenn die Forderungen in bezug auf das Lebensalter streng innegehalten werden.

Bis anhin haben sich bei den Versuchen der Aufstellung eines natürlichen Systems für die Enchytraeiden nach den skizzierten Merkmalen keine Schwierigkeiten ergeben, so dass ich geneigt bin anzunehmen, dass ein Heranziehen innerer stark veränderlicher Organe nicht nötig wird.

Figuren-Erklärung.

Fig. 1. Totalzeichnung nach dem lebenden Objekt (Enchytraeus humic.)
„ 2. Querschnitt durch die Mundpartie
„ 3. Optischer Längsschnitt durch das Vorderende
„ 4. Querschnitt durch den Bulbus oesophagi
„ 5. Längsschnitt durch die Speicheldrüsen
„ 6. Querschnitt durch den Darm unmittelbar hinter dem Bulbus oesophagi
„ 7. Querschnitt durch den Mitteldarm
„ 8. Querschnitt durch die hintere Partie des Mitteldarmes
„ 9. Längsschnitt durch das III., IV. und V. Segment.
„ 10. Schnitt durch den Gürtel eines geschlechtsreifen Individuums
„ 11. Schnitt durch den Gürtel unmittelbar vor der vollen Geschlechtsreife
„ 12. Längsschnitt durch das 10., 11. und 12. Körpersegment
„ 13. Schnitt durch die Hoden
„ 14. Jugendstadium eines Enchytraeiden
„ 15. Schnitt durch die weiblichen Keimdrüsen.

Zeichen-Erklärung.

A = Aussackung des Samentaschenkanals 9
B = Begattungslappen am Ausgange des Samentaschenkanales 9
BG = Bauchganglion 2, 7
BL = Bulbuslappen 4
Boe = Bulbus oesophagi 5
BS = Blutsinus 8
BS oe = Blutsinusöffnung 7
C = Cuticula 4, 5, 8, 10
CE = Cylinder-Epithel 8
ChL = Chitin-Lamelle 6
CR = Cuticula-Rudimente 10
CS = Cuticularer Saum 4, 7
D = Darm 4, 9, 12, 13
DE = Darm-Epithel 7
DH = Darm-Hypodermis 4
DL = Darm-Lumen 8
dMHL = Dorsaler Mundhöhlenlappen 3
DK = Drüsenkanäle 9.
DZ = Drüsenzellen 4, 5, 9
E = Epithel 8
EL = Epithel-Lamelle 6
EÖ = Eileiter-Öffnung 12
ESt = Eierstock 13, 15
EZ = Eizellen 15
F = Fäkalien 8
GSchl = Gürtelschleim 11
H = Hoden 12
HK = Hauptkanal 9
HSch = Hodenschläuche 13
Hy = Hypodermis 2, 4, 7, 9, 11
K = Kanal 5, 9
KH = Körperhypodermis 13
KL = Kopflappen 3
KL = Keimlager 13
KP = Körperparenchym 2
LGH = Laterale Gürtelhypodermis 10
LGHZ = Laterale Gürtelhyp.-Zellen 11
LH = Leibeshöhle 4
LM = Längsmuskeln 2, 4, 6, 7, 10
M = Muskeln 5
MH = Mund-Höcker 2. 3
ML = Mund-Lappen 3
MÖ = Mund-Öffnung 3
MV = Membrana vitellina 13
NT = Nebentaschen 9
NZ = Nährzellen 15
O = Ovarium 12
OM = Ovarialmembran 15
♂ Ö = Männl. Geschlechtsöffnung 12
♀ Ö = Weibl. Geschlechtsöffnung 9
P = Peritoneum 2, 4
P = Penis 13
PD = Prostata-Drüsen 13
PM = Parenchym-Muskeln 2
PSch = Plasmaschichten am Gürtel 10
IPSch = 1. (innerste) Plasmaschicht 10
IIPSch = 2. Plasmaschicht 10
IIIPSch = 3. Plasmaschicht 10
IVPSch = 4. (äusserste) Plasmasch. 10
R = Receptaculum seminis 9
RM = Ringmuskeln 2, 4, 6, 7, 10, 11
RG = Rückengefäss 2, 7
RLM = Röhrenförmige Längsmuskeln 2, 4, 10.
S = Septaldrüsen 9
Schl = Schlund 3
SchR = Schlundrohr 3
SL = Samenleiter 12, 13.
Sp = Speicheldrüsen 5
Sp = Spermatiden 12
SpB = Sperma-Bündel 12
ST = Samen-Trichter 12, 13
TF = Tast-Fäden 2
TK = Tastkörperchen 2
Ü = Übergang der lateralen in die ventrale Gürtelpartie 11
vMHL = Ventrale Mundhöhlenlappen 2, 3
VGH = Ventrale Gürtelhypodermis 10
ZK = Zellkerne 4
ZS = Zwischensubstanz 13

Verzeichnis der verwendeten Literatur.

Bretscher: Die Oligochaeten von Zürich. (Revue Suisse Zoologie III 1896.)
— Beitrag zur Kenntnis der Oligochaetenfauna der Schweiz (id. VI 1899).
— Mitteilungen über die Oligochaetenfauna der Schweiz (id. VIII 1900).

— Südschweizerische Oligochaeten (id. VIII 1900).
— Beobachtungen über die Oligochaeten der Schweiz (id. VII 1903).
— Beobachtungen über die Oligochaeten der Schweiz (id. V 1901, VI 1902. VII 1904).
— Die Xerophilen Enchytraeiden der Schweiz (Biol. Centralblatt Vol. 24 1904).
— Beobachtungen über die Oligochaeten der Schweiz (Revue Suisse Zoologie Vol. 13).
— Über ein neues Enchytraeidengenus (Zoolog. Anzeiger Vol. 29).

Claparède, E. Recherches anatomiques sur les Oligochaetes (Mém. Soc. Phys. Hist. nat. Genève Vol. 16).

Diem, K. Untersuchungen über die Bodenfauna in den Alpen (Jahrb. St. Gallischer Naturw. Ges. 1901—1902).

Djemil, M. Untersuchungen über den Einfluss der Regenwürmer auf die Entwicklung der Pflanzen (Berichte d. physiol. Laborat. u. d. Versuchsanstalt d. landw. Ind. der Univers. Halle 1898).
— Diss. Halle 1896.

Hensen. Die Tätigkeit des Regenwurms (Lumbricus terrestris L.) für die Fruchtbarkeit des Erdbodens (Zeitschr. f. wiss. Zoologie XXVIII 1877).

Marcinowski, K. Parasitisch und semiparasitisch an Pflanzen lebende Nematoden (Arb. aus d. Kais. Biol. Anst. f. Land- u. Forstwirtschaft, VII. Band).

Michaelsen, W. Oligochaeten. Das Tierreich. Lief. 10 1900.
— Beiträge zur Kenntnis der Oligochaeten (Zool. Jahrb. Abt. Syst. Vol. 12).
— Untersuchungen über Enchytraeus Möbii und andere Enchytraeiden. Diss. Kiel. 1886.
— Synopsis der Enchytraeiden. Abhandl. d. naturf. Vereins Hamburg XI 1889.
— Beitrag zur Kenntnis der deutschen Enchytraeiden-Fauna (Arch. f. mikrosk. Anat. XXXI 1888).

Piquet, E. Quelques observations sur l'anatomie de l'apparail circulatoire de certaine Oligochaetes limicoles (Bull. soc. neuchâteloise Sc. nat. Vol. 32).

Piquet u. Bretscher. Oligochaetes. 1913.

Ratzel, F. Beiträge zur Anatomie von Enchytraeus vermicularis Henle (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XVIII).
— Beiträge z. anatom. u. syst. Kenntnis d. Oligochaeten (id. Bd. XVIII).
— Histolog. Untersuch. an niedern Tieren (id. Bd. XIX).
— Vaňha, J. Neue Rübennematoden, ihre Schädlichkeit und Verbreitung (Zeitschr. f. Zuckerrübenindustrie in Böhmen, XVIII. Jahrg. 1893).

Vaňha J. und Stocklasa, J. Die Rübennematoden mit Anhang über die Enchytraeiden.

Vejdovsky. Monographie der Enchytraeiden. Prag 1879.

Wollny. Untersuchungen über die Beeinflussung der Fruchtbarkeit der Ackerkrume durch die Tätigkeit der Regenwürmer (Forsch. auf d. Gebiete der Agrikulturphysik, XIII 1890).

Inhalts-Verzeichnis

A. Einleitung 100
B. Biologie einiger Enchytraeiden 101
I. Beziehungen zwischen Enchytraeiden und Nematoden auf kranken Erdbeerpflanzen 101

II. Beobachtungen an Amaryllisknollen 115
III. Infektions-Versuche 117
IV. Die Enchitraeiden an Kortoffelpflanzen 128
V. Bedeutung der Enchytraeiden für die Bodenkultur . . . 129
VI. Beobachtungen über die Natur des durch die Enchytraeiden für verursachten Zersetzungsprozesses 138
VII. Versuche zur Feststellung der Humus bildenden Tätigkeit der Enchytraeiden 142
VIII. Über den Aufenthaltsort der Enchytraeiden 146
IX. Enchytraeiden und Nematoden im Haushalte der Natur . . 147
C. Anatomie einiger Enchytraeiden 152
I. Das Digestionssystem 153
a) Der Vorderdarm 153
b) Der Mitteldarm 166
c) Der Enddarm 173
II. Die Fortpflanzungsorgane 174
a) Der Gürtel 176
1. Der Gürtel der geschlechtsreifen Form 176
2. Die Entwicklung des Gürtels 182
b) Die männlichen Geschlechtsorgane 184
1. Die Hoden 184
2. Die Samenleiter 188
c) Die weiblichen Geschlechtsorgane 193
1. Die Samentasche 193
2. Die Ovarien 197
3. Die Eiablage 200
D. Schlussbemerkungen 203

Radioaktivität einiger Schweizergesteine.

Erster Teil: Petrographisch-mikroskopische Untersuchungen.

Von

HANS HIRSCHI, Braunwald.

Mit 2 Tafeln.

(Als Manuskript eingegangen am 14. November 1919.)

Einleitung.

In der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, LXIV (1919) (Heim-Festschrift), 65—76, veröffentlichte Verfasser dies in einer knappen Darlegung eine „Anregung zu absoluten Altersbestimmungen radioaktiver Gesteine der Schweiz". Nun ist es dem Verfasser wiederum vergönnt, einem seiner ehemaligen, verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. U. Grubenmann, in dieser Zeitschrift eine kleine Arbeit zum siebenzigsten Geburtstage zuzueignen, als bescheidenes Zeichen dankbarer Erinnerung. Als Thema wurde ein in genannter Anregung gemachter Vorbehalt benutzt, auf einige solcher radioaktiver Gesteine in einer spätern Arbeit einzutreten. Es betrifft die Syenite des Piz Giuf und Umgebung, Granite im Val Placi bei Disentis, beides Gesteinszonen im östlichen Aarmassiv, ferner die tertiären Granite im Bergell.

Nachdem die mikroskopischen Untersuchungen der wichtigsten dieser Gesteine, soweit sie der Diskussion der Radioaktivität voranzugehen haben, beendet sind, sollen deren Resultate kurz wiedergegeben werden. Diesem mikroskopisch-petrographischen Teil wird sobald wie möglich der physikalische und chemische folgen, in welchem über die Messung der Radioaktivität, bezw. den Radium- und Thoriumgehalt usw. zu berichten sein wird. Vielleicht dass sich daraufhin Gesichtspunkte über die Vorgeschichte der Magmen genannter Gesteine in chemisch-physikalischer Hinsicht ergeben werden.

Die mikroskopischen Untersuchungen hatten sich speziell auf die sog. pleochroitischen Höfe zu konzentrieren, da diese vorzugsweise von radioaktiven Kernen verursacht sein müssen, worauf zuerst Joly[1]) und Mügge[2]) hingewiesen haben.

[1]) J. Joly, Phil. Mag. *13*, 1907.

[2]) O. Mügge, Zentralblatt für Mineralogie etc., 1909.

Die hiernach zu besprechenden Gesteine sammelte Verfasser im Sommer 1918 und 1919. Obgleich bezüglich der Kalisyenite des Piz Giuf lediglich auf die ausführliche und vorbildliche Arbeit von Fr. Weber[1]) verwiesen werden könnte, seien hiernach die Resultate der nochmaligen mikroskopischen Untersuchung nur in grossen Zügen wiedergegeben, indem seither hinsichtlich der Entstehung der sog. pleochroitischen Höfe andere Ansichten wegleitend geworden sind. Auch für die übrigen Gesteine soll die mikroskopische Beschreibung nur einer knappen Orientierung dienen.

I. Basischer Syenit, grenzend an sog. Randschiefer, anstehend am Firn im Val Val am Fusse des Giufstöckli.

Makroskopisches. Textur: Flaserig-schieferig, gequetscht. Mineralbestand: Sehr viel braunschwarzglänzender Biotit neben Hornblendeleistchen von bis 10 × 2 mm, ersterer stark vorherrschend. Titanit in bis 3 mm grossen Individuen. Feldspäte als kurze oder langgezogene Linsen (Augen) z. T. in feine Bändchen angeordnet. Maximale Länge und Dicke der Feldspatlinsen, ca. 20 × 4 mm. Farbe: Im Bruch quer zur Schieferung braunschwarz, weiss und rostiggelb gefleckt, auf den Schieferungsflächen braunschwarz.

Mikroskopisches. Hornblende (gemeine), meist in unregelmässigen Fetzen, ist in grösseren Individuen öfters idiomorph in der Prismenzone und vielfach mit Biotit kristallographisch verwachsen, Zwillinge sind nicht selten. Meist ist sie frisch aber relativ wenig pleochroitisch: a blassgelblichgrün, b grasgrün, c sattbläulichgrün. Absorption: c > b > a. c : *c* in der optischen Axenebene beträgt 19—21°. Biotit in unregelmässigen Fetzen ist nur idiomorph zu (001), Pleochroismus ist relativ kräftig von hellstrohgelb-rotbraun, Absorption: c = b > a. Sagenitgewebe sind in der Ebene (001) reichlich eingelagert. Feldspateinsprenglinge sind stark trüb, z. T. völlig zersetzt (serizitisiert) und ohne kristallographische Begrenzung. Sie entsprechen hauptsächlich dem Mikroklin, der oft mikroperthitisch von Albit durchwachsen ist, weniger dem Orthoklas. Die übrigen Feldspäte sind völlig zersetzt und unbestimmbar. Titanit ist reichlich, vorwiegend in lappigen Formen, gelegentlich mit schöner, polysynthetischer Zwillingslamellierung. Zirkon erscheint häufig in Form runder Körner. Der reichlich vorhandene Apatit ist idiomorph und führt oft einen trüben, pleochroitisch pigmentierten Kern. Die Grundmasse besteht aus Quarz, Feldspat, Biotit und Hornblende, in der sich die Quarzsubstanz verzahnt

[1]) Friedrich Weber, Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Neue Folge Liefg. XIV.

hält. Radiohalos[1]) sind sowohl in der Hornblende als besonders in Biotit anwesend, immerhin nicht so zahlreich und schön wie in den nachfolgenden Gesteinstypen.

Das Protokoll über die an radioaktiven Kernen und Radiohalos gemachten mikroskopischen Beobachtungen ist für jedes Gestein in einer besondern Tabelle wiedergegeben.

II. Normaler Kali-Syenit. Fundort wie I.

Textur: Etwas schiefrig gequetscht. Struktur: Porphyrartig. Mineralbestand: Neben reichlich Biotit gibt es ebensoviel Hornblende, letztere bis 10 mm lang und 3—4 mm breit. Etwa die Hälfte des Gesteins besteht aus grossen Feldspateinsprenglingen von bis 20×5 mm. Viel hellbrauner Titanit erreicht 2—3 mm grosse Kristalle. Gesteinsfarbe ist grünlichschwarz durch die Feldspäte weiss gefleckt. Das Gestein sieht recht frisch aus.

Mikroskopisches. Biotit als unregelmässige Fetzen ist vielfach mit Hornblende verwachsen, diese oft ergänzend. Seine Farbe in gewöhnlichem Licht ist olivengrünbraun, der Pleochroismus relativ schwach (kaum kräftiger als derjenige der Hornblende), geht von strohgelb nach grünlichkastanienbraun. Sagenitgewebe reichlich vorhanden. Gemeine Hornblende ist öfters idiomorph in der Prismenzone, sonst in unregelmässigen Fetzen wie der Biotit, mit dem sie gleichzeitig zur Ausscheidung gelangte. Pleochroismus dunkelgrün-grünlichgelb. Feldspäte sind hier viel frischer wie in I und die basischen (Andesin-Oligoklas) zeigen enge Zwillingslamellierung. Die grossen Individuen entsprechen einem Mikroklinmikroperthit mit Albiteinlagerungen. Sie beherbergen meist stark korrodierte, basische Feldspäte von Andesin-Oligoklas mit Albiträndern und serizitisiertem Kern, Hornblende, Biotit etc. Diese Einschlüsse sind fast immer parallel (010) oder nach der Basis des Wirtes orientiert. Der sehr reichliche Titanit ist meist idiomorph. Apatit ist reichlich in z. T. stattlichen Individuen, ebenso Orthit und Zirkon. Magnetit und Pyrit sind spärlich. In der Grundmasse ist Quarz ziemlich reichlich. Radiohalos in Biotit und Hornblende sind häufig, meist in kräftiger und prächtiger Ausbildung (vergleiche Tabelle II und die photographischen Tafeln).

---

[1]) Die Einführung dieser Bezeichnung, an Stelle von pleochroitischen Höfen, ist weiter unten begründet.

III. Normaler Kali-Syenit mit gelben Feldspäten. Fundort wie I und II.

Textur: Deutlich fluidal und schiefrig-flasrig. Struktur: Grobkörnig porphyrartig.

Mineralbestand ist wie in II, nur bilden Hornblende, Biotit und Feldspäte grössere Individuen.

Mikroskopisches. Biotit ist aus verschiedenen Handstücken verschieden, der Peochroismus wechselt von gelblichgrün-olivengrün-braun und strohgelb-kastanienbraun. Im erstern Fall hat er im gewöhnlichen Licht stets einen kräftigen Stich ins grünliche. Er zeigt gewöhnlich nur nach oP Idiomorphismus, dagegen ist er mit Hornblende sehr häufig ebenflächig verwachsen, vorwiegend nach den Ebenen bester Spaltbarkeit. Die schöne und mannigfaltig orientierte Verwachsung zwischen Hornblende und Biotit ist sehr bemerkenswert und beweist die gleichzeitige, ungestörte Auskristallisation dieser Bestandteile. Die gem. Hornblende zeigt kräftigen Pleochroismus von hellgelbgrün-blaugrün. Senkrecht zu oP in Biotit eingewachsen ist sie in der Prismenzone idiomorph ausgebildet. Die Einsprenglinge Mikroklin sind frisch erhalten, dagegen sind alle basischen Feldspäte vollständig serizitisiert. Titanit ist sehr reichlich zugegen, oft idiomorph und verzwillingt. Der häufige Orthit hat nicht selten idiomorphe Gestalt. Zirkonkörner sind reichlich eingeschlossen in den dunklen Gemengteilen. Der viel vertretene Apatit hat auch hier einen stark pleochroitischen Kern, neutraltintenfarbig-rötlichbraun. Quarz als Restausscheidungen ist ziemlich reichlich und oft in granophyrischer Verwachsung mit Feldspat. Erzkörner von Pyrit und Magnetit sind relativ spärlich. Radiohalos (siehe Tabelle III) sind sehr häufig z. T. in prächtiger Ausbildung, speziell im Biotit und wie dieser schlierenförmig angereichert.

IV. Normaler Kali-Syenit, anstehend im Val Giuf.

Makroskopisches. Textur: Fluidal stark linear gestreckt. Struktur: Grobkörnig, porphyrartig. Das Gestein sieht sehr frisch aus und macht durch sein schwarzes, durch die Feldspattafeln weiss gefleckte Aussehen einen wohltuenden Eindruck. Glänzender Biotit herrscht vor neben Hornblende, welche in bis 7×4 mm grossen Säulchen auftritt. Der Titanit sticht in vielen grossen Individuen hervor.

Das mikroskopische Bild entspricht sehr nahe demjenigen unter III, nur hat der Biotit einen kräftigern Pleochroismus, strohgelb-dunkelfuchsrot, während er auch im gewöhnlichen Licht kräf-

tigern Stich ins rötliche hat, wie die früher beschriebenen Biotite. Der Mikroklinmikroperthit ist reiner und frischer, zeigt mehr zwillinge nach dem Karlsbadergesetz und schärfere Perthitstruktur. Die basischen Feldspäte (Albit-Andesin) sind teilweise nur schwach serizitisiert.

Hier kann einwandfrei konstatiert werden, dass der meist den Orthit umschliessende und ergänzende Epidot (Pistazit) unbedingt primärer Natur ist, d. h. vor Ausscheidung des ihn umschliessenden Biotits, bezw. Hornblende bestanden hat. Da der Orthit, nicht aber der Pistazit radioaktiv ist, so erklärt sich auch die bereits von Weber [Seite 31 (l. c.)] gemachte Beobachtung, dass pleochroitische Höfe um Orthit nur in Abwesenheit einer dickern Epidothülle zugegen sind. Dies gilt dort, wo die Epidothülle breiter ist als die Reichweite der vom Orthitkern ausgehenden α-Strahlen.

Auch in diesem Gestein sind die Radiohalos aussergewöhnlich schön und reichlich ausgebildet (s. Tabelle IV u. photographische Tafel).

V. Hauptgranit, oberhalb der radioaktiven Quelle im Val Placi bei Disentis.

Makroskopisches. Grünlichgraues, mittelgrobkörniges Gestein, frisch aussehend. Ausser Feldspäten und Quarz ist viel Biotit und ferner auch Titanit zu erkennen. Struktur ist versteckt-pseudoporphyrisch.

Mikroskopisches: Biotit, in unregelmässigen Fetzen, hat kräftigen Pleochroismus von grünlichstrohgelb-olivengrün, Absorption: $c = b > a$, häufig schliesst er Rutilnadeln ein. Feldspäte: Die sauren, grössern Individuen entsprechen einem Mikroklinmikroperthit, die basischern dem Albit-Oligokas. Diese letztern sind meist stark serizitisiert und bilden oft idiomorphe Einschlüsse im Mikroklin. Quarz bildet reichlich grössere Komplexe. Auffällig häufig ist der Orthit mit starkem Pleochroismus bräunlichgrün-dunkelbraun und nicht seltenen Zwillingen nach (100). Daneben gibt es, zum Verwechseln mit Orthit, Turmalin von etwas rötlichem Stich und noch kräftigerm Pleochroismus. Um den letztern finden sich keine Radiohalos. Ob die völlig zersetzten gelbgrünen, grossen Kerne in den kräftigen Radiohalos ursprünglich Orthit gewesen sind, kann nicht ermittelt werden, indessen dürfte eher ein Thoriummineral vorgelegen haben. Hier sind die Anlagerungen von Pistazit um Orthit ebenfalls entschieden primär. Titanit ist häufig und öfters idiomorph, Apatit dagegen spärlich vertreten. Reichlich finden sich dagegen Erzkörner von Magnetit und Pyrit.

Radiohalos sind verbreitet, meist sehr kräftig bis schwarz, immerhin lange nicht so zahlreich und so schön ausgebildet wie in den vorangehenden Gesteinen (s. Tabelle V u. photographische Tafel).

VI. Granit, schmaler Gang, nahe der radioaktiven Quelle im Val Placi bei Disentis.

Makroskopisches. In dem mittel- bis feinkörnigen, weiss und schwarz gesprenkelten Gestein ist neben Quarz und Feldspat Biotit sichtbar. Kleinere und grössere rostige Flecken durchsetzen das Gestein.

Mikroskopisches. Der oft chloritisierte Biotit ist stark pleochroitisch strohgelb-fuchsrot, Absorption: $c = b > a$, ist oft durchwachsen von Muscovit und nicht selten vollständig idiomorph. Im chloritisierten Biotit sind oft frische, verschieden orientierte Biotitlamellen eingewachsen; es dürften chemisch verschiedene Biotite vorliegen. Biotit und Muscovit verhalten sich gegenüber Magnetit nicht selten idiomorph. Die Feldspäte zeigen gegenüber dem vorhergehenden Granit einen grössern Unterschied. Hier fehlt der Mikroklinmikroperthit vollständig, während relativ frische nur in der zentralen Partie schwach serizitisierter Oligoklas, Oligoklas-Albit und Albit herrschend sind. Nur sehr untergeordnet scheinen Orthoklas und Mikroklin aufzutreten. Lamellierung nach Albit-, Karlsbader- und Periklin-Gesetz ist reichlich und schön entwickelt. Titanit ist selten, und Orthit wurde nicht beobachtet. Quarist in grosser Menge zugegen, und auch Magnetit und Pyrit sind reichlich eingestreut. Die nicht seltenen und oft lokal sich anhäufenden Radiohalos sind nicht mehr so kräftig wie in den vorangehenden Gesteinen. Auch nach seinem geologischen Auftreten scheint dieser Granit ein jüngerer Durchbruch darzustellen. In Tabelle VI sind die Beobachtungen an Radiohalos zusammengetragen.

VII. Hauptgranit, vom Piz Badile, Sass Fora, Bergell[1]).

Makroskopisches. Struktur: Stark porphyrartig. Die Orthoklaseinsprenglinge, meist als Karlsbaderzwillinge, erreichen Dimensionen von mehreren Zentimetern und sind mehr oder weniger rosarot gefärbt, ebenso der hervortretende Quarz. Glänzend schwarzer Biotit und Hornblende sind sehr reichlich eingestreut. Das Gestein sieht auf-

[1]) Es sei hier auf die interessante, vorläufige Arbeit von Rudolf Staub: „Geologische Beobachtungen am Bergellermassiv“ dieser Vierteljahrsschrift vom 31. Mai 1918 hingewiesen. Weitere ausführliche Studien sind seither von R. Staub im Bergellermassiv unternommen worden, und es besteht hier nicht etwa die Absicht, diesen vorzugreifen.

fällig frisch aus und erinnert auf den ersten Blick an den sog. Tiefensteinergranit des südlichen Schwarzwaldes.

Mikroskopisches. Biotit ist im gewöhnlichen Licht grünlichstrohgelb bis dunkel-olivengrün. Der kräftige Pleochroismus von lichtgrünlichstrohgelb bis schwarzolivengrünbraun entspricht der Absorption $\mathfrak{c} = \mathfrak{b} > \mathfrak{a}$. Nur parallel der Basis und gelegentlich als Einschluss in den Feldspateinsprenglingen ist er idiomorph, sonst fetzig entwickelt. Seine grosse Frische ist auffällig. Hornblende ist gegenüber Biotit untergeordnet. Ihr kräftiger Pleochroismus schwankt von gelbgrün bis dunkelblaugrün; $\mathfrak{c}$ ist blaugrün, $\mathfrak{b}$ dunkelgrün, $\mathfrak{a}$ hellgelbgrün, Absorption: $\mathfrak{c} > \mathfrak{b} > \mathfrak{a}$. Nur in der Prismenzone ist Idiomorphismus zu beobachten. $c : \mathfrak{c}$ bis 20°. Mit Biotit ist sie sehr oft verwachsen. Die grossen Feldspateinsprenglinge sind Orthoklas, der unrein und von Quarzschnüren durchzogen wird. Unter den triklinen Feldspäten herrschen fast ausschliesslich Albit und Oligoklas vor, unter denen die grössern Individuen deutlich Zonarstruktur zeigen. Der reichliche, reine Quarz bildet zierlich verzahnte Aggregate und schöne granophyrische Verwachsungen mit Feldspatsubstanz. Titanit ist nicht selten, während Zirkon und Apatit — dieser als grosse Leistchen — häufige Accessoria sind. Epidot (Pistazit) als primäre Bildung tritt reichlich auf und zeichnet sich durch grosse Frische und Reinheit aus. Orthit und Granat fehlen selten ganz. Die spärlichen Radiohalos, die fast ausschliesslich an Zirkon gebunden sind, erweisen sich als schwach und schmal. Die bezüglichen Beobachtungen sind in die Tabelle VII aufgetragen.

Das vorliegende Gestein, das sich in breiter Zone nach Osten fortsetzt, verliert z. B. am Castello- und Cantone-Gletscher seinen Gehalt an Hornblende und Epidot (Pistazit), wogegen Orthit in grössern Individuen sich anreichert.

VIII. **Basische Schliere,** im Haupttypus VII.

Makroskopisches. Das dunkle, feinkörnige, weiss und schwarz gesprenkelte Gestein ist durch Übergänge mit dem vorhergehenden Granit verbunden. Als dunkle Gemengteile sind Biotit und Hornblende sichtbar. Struktur ist feinkörnig granitisch.

Mikroskopisches. Das Strukturbild ist hypidiomorph körnig. Der äusserst frische Biotit hat kräftigen Pleochroismus von grünlichstrohgelb bis dunkelolivengrünbraun, ist vielfach fetzig oder nur nach (001) idiomorph entwickelt. Die Armut an Einschlüssen lassen ihn sehr rein erscheinen. Die gemeine Hornblende, die in ungefähr gleicher Menge wie der Biotit vertreten ist, ist mit diesem oft in

orientierter Stellung verwachsen, wobei die Hornblende nur die Prismenzone idiomorph entwickelt hält. Im übrigen gilt dasselbe, wie für die vorangehende Hornblende. Die Feldspäte gehören in der Hauptsache dem Oligoklas und Albit an. Wie die andern Gemengteile sind auch sie von aussergewöhnlicher Frische. Zonarstruktur ist nicht selten. Auffällig ist wiederum der reichliche primäre Epidot mit nur schwachem Pleochroismus. Titanit ist reichlich vorhanden in unregelmässigen Formen (Fetzen). Der Quarzgehalt ist hier gegenüber dem normalen Granit geringer, dagegen ist der Apatitgehalt wiederum gross. Radiohalos konnten nicht beobachtet werden, zumal auch Zirkon nur sehr selten auftritt.

IX. **Biotitgranit,** im Haupttypus VII.

Makroskopisches. Struktur: Porphyrartig. Als Einsprenglinge treten hervor: Feldspat (bis 5×20 mm gross) und Quarz, der eine schwache Rosafärbung hat. Biotit ist reichlich in kleinen und grössern, stark glänzenden Schüppchen vorhanden. Das Aussehen des Gesteins ist dunkelgrau und sehr frisch.

Mikroskopisches. Der alleinige dunkle Gemengteil ist fetzig entwickelter Biotit mit kräftigem Pleochroismus: grünlichstrohgelb-dunkelolivengrünbraun. Besonders die grössern Individuen sind teilweise in Chlorit umgewandelt. Er führt viele Einschlüsse, besonders Zirkon und Apatit. Die Feldspäte haben sehr oft schönen Schalenbau, zeigen Resorptionserscheinungen und sind nur wenig oder nicht serizitisiert. Sie entsprechen hauptsächlich Albit und Oligoklas. Orthoklas und Mikroklin sind untergeordnet vertreten. Apatit ist reichlich vorhanden, Magnetit dagegen nur in Spuren. Radiohalos sind mit Vorliebe auf grössere Biotite und darin $\parallel$ (001) konzentriert, so dass in solchen Schnitten oft über 20 Halos begegnet werden. Neben Zirkon als Kerne finden sich in den Höfen lichtgrüne Einschlüsse, die in ihren Polarisationsfarben mit Epidot übereinstimmen. Grundmasse aus Quarz und Feldspat ist fein allotriomorph. Die Beobachtungen an radioaktiven Kernen und deren Halos finden sich in Tabelle IX.

X. **Porphyrartiger, basischer Biotitgranit,** im Haupttypus VII.

Makroskopisch macht das Gestein den Eindruck eines Biotitandesits, indem die feine, phanerokristalline, graue Grundmasse ein tuffoides Gepräge hat. Neben spärlichen Einsprenglingen von grossen, idiomorphen Feldspäten und schwachrötlichem Quarz, tritt reichlich

Biotit einsprenglingartig auf und verleiht dem Gestein ein glitzerndes Aussehen.

Mikroskopisch unterscheidet sich dieses Gestein von den vorhergehenden speziell darin, dass sämtliche Bestandteile deutlich in zwei Generationen auftreten und dass letzten Endes eine feine kryptokristalline Grundmasse aus Feldspat und Quarz zur Ausscheidung gelangte. Der Biotit entspricht demjenigen des vorhergehenden Gesteins, nur dass er keine Spuren von Chloritisierung zeigt und mehr idiomorphe Gestalt annimmt. Die Feldspateinsprenglinge sind Mikroklin bis Oligoklas, desgl. die Feldspäte der Grundmasse. Die Einsprenglinge Feldspat, Quarz und Biotit zeigen starke Resorptionserscheinungen; die erstern sind oft mandelförmig abgerundet, wobei der nachträgliche zonare Wiederaufbau dieser Begrenzung folgt. Auch die Kerne der grössern Feldspatindividuen zeigen zonaren Aufbau. Gegenüber dem vorhergehenden Gestein trifft man mehr Apatit, und zwar in grosser Menge und stattlichen Leisten, Hinsichtlich der Radiohalos — die in Tabelle X behandelt sind — kann auf jene verwiesen werden. Selten auftretende, stark pleochroitische Aggregate dürften Turmalin sein.

XI. Granit, vom P. Murtaira (= P. Mortara) bei Casaccia, Bergell.

Makroskopisches. Struktur: Grobkörnig, porphyrartig. Der grauweisse, schwach rötlich teintierte Orthoklas bildet grosse Einsprenglinge mit 4 cm Kantenlänge und mehr. Daneben bilden die übrigen Feldspäte, sowie rötlichgrauer Quarz und Biotit eine grobkörnige Grundmasse. Trotz ähnlichem Strukturbild, weicht dieses Gestein auch äusserlich wesentlich von dem Hauptgranit des P. Badile ab. Letzterer führt gegenüber dem vorliegenden Gestein mehr dunkle Gemengteile, darunter viel Hornblende, welche dem Granit am Murtaira fehlt, der einen typischen Granit (Kombination Biotit-Muscovit) darstellt.

Mikroskopisches. Der grosse und kleine Fetzen bildende Biotit besitzt sehr kräftigen Pleochroismus von lichtstrohgelb bis schwarzbraun. Im gewöhnlichen Licht herrscht graubraune bis rötlichbraune, auf oP tiefrotbraune Farbe. Er ist reich an Einschlüssen von Zirkon und Apatit und zeigt Anfänge von Chloritbildung, ferner typische Korrosion. Gegenüber Quarz verhält er sich idiomorph. Muscovit bildet nur kleine Blättchen, die meist mit Biotit verwachsen sind, gegenüber welchem er sich meist idiomorph verhält. Neben dem vorwiegend einsprenglingartig auftretenden Orthoklas wurden Feldspäte vom Mikroklin bis Andesin bestimmt, doch

herrschen Albit und besonders Oligoklas vor. Nur der Kern der basischen Feldspäte, der oft dem Andesin entspricht, zeigt Serizitbildung. Zonarer Aufbau der Feldspäte ist verbreitet, ebenso granophyrische Verwachsungen mit Quarz. Die grossen Quarzfelder besitzen stark undulöse Auslöschung und sind mit Schnüren von staubförmigen Einschlüssen durchzogen. Apatit und Erzkörner sind auffällig spärlich. Besonders bemerkenswert sind die Radiohalos, die in kräftiger und relativ breiter Ausbildung und grosser Zahl mit Vorliebe in Schnitten parallel o P von Biotit zusammengeschart auftreten (vergleiche photographische Tafel II). Da der vorliegende Granit nahe am Kontakt mit den durchbrochenen Sedimenten liegt, d. h. am Rande des Bergellergranitmassivs, so taucht die Frage auf, ob die Radiohalos besonders auf randliche Teile des Massivs oder auf gewisse Granitvarietäten beschränkt sind. Dieser Frage kommt hinsichtlich der Einschmelzung durchbrochener älterer Eruptiva, der Tiefanlage und Differentiation der Magmenherde, sowie der intratellurischen Prozesse grössere Bedeutung zu. Wir haben gesehen, dass die kräftigen Radiohalos sich besonders auf die hornblendefreien Bergellergranite beschränken, und zwar speziell in dem muscovitführenden Randgranit am Murtaira prächtig entwickelt sind. Tabelle XI gibt die Beobachtungen an radioaktiven Kernen und Radiohalos dieses Gesteins.

XII. Ganggestein im grobkörnigen Hauptgranit, westlich vom C^{ma} di Castello am Albigna-Gletscher, Bergell.

Makroskopisch fällt dieses Gestein auf durch seine dunkle bis schwarze Farbe. Zwischen den grossen, glänzenden Biotittafeln, welche mehr als 50 % des Gesteins ausmachen, liegen eingeklemmt die hellen Bestandteile Quarz und Feldspat, wodurch das Gestein weiss gesprenkelt wird. Schwarze Schlieren bestehen fast ausschliesslich aus Biotit und schwarzen Säulchen, die sich als Orthit erweisen. Dieser letztere, wie auch der Titanit, erreichen Dimensionen bis zu 8 mm. Die Struktur ist grobkörnig, die Festigkeit des Gesteins ist gering.

Mikroskopisches. Die Struktur ist hypidiomorph. Über die Hälfte des normalen Gesteins besteht aus Biotit. Dieser ist meist nur nach der Basis idiomorph entwickelt, doch ist er gegenüber Quarz auch völlig idiomorph. Der kräftige Pleochroismus schwankt von lichtgrünlichgelb nach dunkelolivengrünbraun. Absorption $c = b > a$. Axenwinkel ist sehr klein. Frische und Reinheit des Biotit sind aussergewöhnlich gross und die Spaltrisse auffallend fein und engstehend. Die vollkommen frischen Feldspäte, die gegenüber Quarz

etwas zurücktreten, entsprechen allgemein dem Albit und Oligoklas, bezw. deren Mischungen Oligoklas-Albit. Daneben sind Mikroklin und Mikroklinmikroperthit und gelegentlich Orthoklas in grössern Feldern anzutreffen. Der oft zu Aggregaten verzahnte Quarz übernimmt neben dem Biotit die Hauptmasse des Gesteins. Zierliche, granophyrische Verwachsungen sind sehr häufig. Titanit tritt in grossen, idiomorphen Individuen sehr reichlich auf, ebenso Orthit, der sich lokal anreichert und oft schöne Zwillinge nach (100) vorstellt. Sein Pleochroismus ist kräftig hellrötlichbraun bis tiefrotbraun und kastanienbraun; wo er an Biotit grenzt, ist stets ein deutlicher Radiohalo entwickelt, der nach aussen hin sich nur allmählich verliert (siehe Tabelle XII). Apatit ist relativ häufig vorhanden, dagegen ist der Zirkon spärlich in Biotit eingeschlossen, wo er von schwachen bis mittelkräftigen Halos umsäumt ist.

XIII. Granodiorit, gangförmig im normalen grobkörnigen u. porphyrartigen Bergellergranit auftretend, im Gebiet des Castello-Gletschers.

Makroskopisches. Die Struktur ist grob-mittelgrobkörnig mit vereinzelten einsprenglingartigen Biotitkristallen. Das Gestein ist zierlich weiss und schwarz gesprenkelt, wobei die Hornblende demselben einen grünlichschwarzen Ton verleiht. Die Zwischenräume zwischen den dunkeln Gemengteilen werden durch Feldspat und untergeordnet durch Quarz ausgefüllt.

Unter dem Mikroskop erweist sich die Struktur als hypidiomorph bis allotriomorph. Der Biotit, welcher an Menge der Hornblende untergeordnet ist, zeigt eine vollkommene Frische und Reinheit. (001) ist meist scharf entwickelt. Ebenflächige Verwachsungen mit Hornblende, parallel den Flächen bester Spaltbarkeit ist verbreitet. Der Pleochroismus ist kräftig von lichtgrünlichgelb-dunkelolivengrünbraun. Der Axenwinkel auf (001) ist sehr klein bis unmessbar. Einlagerungen und Übergänge in Chlorit (primärer?) sind verbreitet. Die gemeine Hornblende, die etwa 40 % der Gesteinsmasse ausmacht, ist sehr frisch und rein. Terminale Flächen fehlen oder sind nur angedeutet, dagegen sind die Flächen parallel *c* scharf ausgebildet. Der Pleochroismus ist kräftig von lichtgelbgrün-bläulichsattgrün. Absorption: $c > b > a$; $c : c$ auf (010) beträgt 16—18°. Die Feldspäte Orthoklas und Mikroklin sind schwach vertreten gegenüber Albit und Oligoklas, resp. deren Mischtypen, die nach den verschiedensten Zwillingsgesetzen verwachsen sind und schönste Lamellierungen zeigen. Andesin ist nur wenig da. Titanit ist reichlich in Form unregelmässiger Fetzen vorhanden und hat schwachen Pleo-

chroismus von rötlich nach grünlich. Primärer Epidot in meist allotriomorpher Gestalt ist verbreitet. Apatit ist reichlich in Gestalt oft stattlicher Leistchen zugegen. Der Orthit hat ziemliche Verbreitung, besitzt kräftigen Pleochroismus von rötlichgrau-grünbraun und öfters Zwillinge nach (100). Die Auslöschungsschiefe ‖ der Zwillingsebene beträgt ca. 40°.

Die reichlich, besonders in der Hornblende anzutreffenden Radiohalos sind in Tabelle XIII zusammengestellt. Diese sind meist an den eingeschlossenen Zirkon gebunden.

XIV. Granit von Cacciabella, Übergang vom Albigna- nach dem Bondascatal. Bildet mächtige Durchbruchsmassen auf der Bondascaseite.

Dieses Gestein fällt makroskopisch durch seine lichtgrauweisse, z. T. graue Farbe auf. Das Korn ist mittelgrob, der Bruch etwas schiefrig. Biotit und Muscovit und besonders der rötlichgraue Quarz treten reichlich hervor, und nur ganz vereinzelt machen sich einsprenglingartige Feldspäte von Orthoklas oder Mikroklin bemerkbar. Die dunklen, grobkörnigen Varietäten zeigen einen Übergang zum Granittypus am P. Murtaira.

Mikroskopisches. Die Struktur ist allotriomorph bis hypidiomorph, und nur die grössern Feldspatindividuen sind gelegentlich nahezu idiomorph. Der Biotit hat kräftigen Pleochroismus lichtgrünlichstrohgelb-dunkelolivengrünbraun $c = b > a$ und geht vielerorts streifenweise in Chlorit über. Nur (001) ist idiomorph entwickelt. Muscovit, der reichlich vorhanden ist, zeigt oft Verwachsungen mit Biotit. Die Feldspäte entsprechen vorwiegend dem Oligoklas und Mikroklin, während Albit zurücktritt. Alle Feldspäte sind frisch, teilweise aber stark verunreinigt. Zonarstruktur ist verbreitet. Quarz ist reichlich vorhanden und erscheint oft in grossen Feldern. Apatit ist spärlich anwesend, wogegen der Zirkon im Biotit oft massenhaft eingeschlossen ist und von relativ kräftigen Halos umsäumt wird. Eine photographische Wiedergabe findet sich auf Tafel I. Die Beobachtungen an den zahlreichen Radiohalos sind in der Tabelle XIV zusammengestellt. Magnetit ist häufig anzutreffen, Calcitausscheidungen sind hier, wie in manchen andern oben beschriebenen Bergellergesteinen, verbreitet.

Die obigen mikroskopischen Diagnosen machen, wie bereits eingangs angedeutet wurde, keinerlei Anspruch auf Ausführlichkeit, welche für unser Thema vorläufig entbehrlich ist.

Allgemeines über die Radiohalos.

Die Radiohalos werden nur in pleochroitischen, spez. eisen- und manganhaltigen Mineralien angetroffen. Sie sind durch die α-Strahlen radioaktiver Kerne entstanden, die im Zentrum des Halo liegen. Im einfachsten Falle, d.h. wenn dieser Kern in seiner ganzen Masse gleichmässig radioaktiv ist, ferner seine Form die eines kleinen Kügelchens ist, aus dem sämtliche in ihm erzeugten α-Strahlen (= Heliumstrahlen) ohne wesentliche Einbusse der Reichweite austreten können, wird der Radiohalo räumlich mit einer schalenförmig aufgebauten Kugel vergleichbar, deren Schalen — im Dünnschliff als Ringe geschnitten — der jeweiligen Reichweite der anwesenden α-Strahlengruppen entsprechen. Die dunkelste Zone jeden Ringes fällt dann gewöhnlich mit der mittlern Reichweite einer α-Strahlengruppe zusammen, weil am Ende der Reichweite die ionisierende Wirkung der α-Strahlen und damit auch ihre Halos erzeugende Eigenschaft einen Maximalwert annimmt. Sind die Verhältnisse für die Hofbildung nicht die einfachen soeben postulierten, dann ist auch die Hofbildung keine so einfache mehr. Form und Grösse des Kerns, sowie die Verteilung der radioaktiven Substanz innerhalb demselben sind die Faktoren, welche den Aufbau und die Gestalt der Halobildung recht mannigfaltig und kompliziert machen können. Wir werden hierauf zurückkommen. Erfahrungsgemäss können in verschiedenen Wirtmineralien die Halos durch Glühen zum Verschwinden gebracht werden. In diesen Fällen liegt daher die Annahme nahe, sie auf einen reversiblen, vielleicht ausschliesslich physikalischen Prozess wie elektronische Zustandsänderung usw. zurückzuführen. Dagegen sind in der Literatur[1]) auch Fälle bekannt, dass Halos in gewissen Biotiten selbst durch intensives Glühen nicht verschwinden, sondern erst nach Behandlung mit konzentrierten Säuren. Dies zeigt, dass nicht alle Radiohalos in einem Wirtmineral gleicher Stabilität sind und sehr wahrscheinlich eine komplexe Erscheinung darstellen, die von der chemischen und physikalischen Struktur des Wirtminerals, wie auch von der radioaktiven Strahlung selbst abhängt. Viele Halos mögen zudem nicht Radiohalos sein.

Die α-Strahlen, als rasch dahinfliegende Heliumatome, werden bei ihrem Anprall am Kristallmolekül Veränderungen herbeiführen; sie sammeln sich nach erfolgter Bremsung im Kristallgitter an, wodurch vor allem die Lichtabsorption und damit meist auch die Doppelbrechung im Kristall verstärkt werden muss.

Es wurde weiter oben an Stelle des Ausdrucks pleochroitische

[1]) Vergl. z. B. Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie, Allgem. Teil, S. 346/7, IV. Auflage.

Höfe die Bezeichnung Radiohalos vorgeschlagen, indem diesen Halos ein eigener Pleochroismus selten oder nur indirekt zukommt. Meist handelt es sich um gewöhnliche Lichtabsorption nicht selektiver Art, wie beim Biotit, d. h. um eine Verdunkelung der pleochroitischen Farben des Wirtminerals. Bei Besprechung der bezüglichen Beobachtungen wird hierauf zurückgekommen.

In Jolys[1]) und Rutherfords[1]) grundlegenden Veröffentlichungen über „pleochroitic haloes“ finden sich auch photographische Wiedergaben solcher Halos. Wenn auch auf diese ausführlichen Darlegungen nur verwiesen werden soll, muss doch auf die markante Halostruktur eingetreten werden, die auf Seite 263 u. ff. von Rutherford in Marx Handbuch der Radiologie Bd. II besprochen wird. Ein solcher Halo besteht aus einer zentralen, geschwärzten Pupille, als Produkt sämtlicher vom radioaktiven Kern ausgegangenen Strahlenteilchen (maximale Strahlungsdichte), umschlossen von einem weniger gefärbten Ring, verursacht vorwiegend durch die α-Strahlen des Radiums *A*, während der folgende äusserste, wieder dunklere Ring oder die Korona, die Wirkung der dort absorbierten α-Strahlen des Radiums *C* illustrieren soll. So prägnant aufgebaute Höfe sind aber nur unter gewissen Vorbedingungen zu erwarten, dann nämlich, wenn der radioaktive Kern kräftig, bezw. alt genug ist und seine Dimensionen so klein, dass sämtliche in ihm erzeugten α-Strahlen gleichmässig in das umgebende Mineral auszutreten vermögen. Ein solcher Kern, der meist mehr absorbierend wirken dürfte, wie Biotit und Hornblende etc., wird 0.003 mm Durchmesser nicht übersteigen dürfen, da sonst nur eine verschwommene oder gar keine Ringbildung zustande kommen könnte. Die Reichweite der verschiedenen α-Strahlen innerhalb den radioaktiven Kernen ist noch nicht experimentell untersucht, dagegen sind u. a. in Biotitsubstanz folgende Reichweiten ermittelt worden[2]):

von α-Strahlen	des	Uranium I	0.012 mm
„ „	„	„ II	0.013 „
„ „	„	Jonium	0.014 „
„ „	„	Radium	0.015_6 „
„ „	„	„ F	0.017_7 „
„ „	„	„ Em	0.019_6 „

[1]) Philosophical Magazine *13* 1907, *19* 1910, *25* 1913. Joly: The Genesis of Pleochroic Haloes. Roy. Soc. Proc. Serie A Vol. 217. 29. I. 17. In dieser letztern Arbeit werden besonders Vergleiche zwischen der Jonisation durch die verschiedenen α-Strahlen in Luft und ihrer Halobildung in Biotiten gezogen, dann viele genaue Messungen an radioaktiven Kernen und den sie umschliessenden Halos gegeben.

[2]) Joly and Rutherford, Phil. Mag. April 1913.

von α-Strahlen des Radium A 0.022 „
„ „ „ „ C 0.033 „
„ „ „ Thorium C 0.04 „ etc.

Bragg und Kleeman[1]) geben eine Formel, aus der für sämtliche Mineralien bekannter chemischer Zusammensetzung und Dichte die Reichweite der α-Strahlen in denselben sich berechnen lässt. Auch Joly betrat einen ähnlichen Weg.

Da, wie bekannt, auch die β- und γ-Strahlen ionisierend und z. T. verfärbend wirken, muss hier bemerkt werden, dass die verfärbende Wirkung, entsprechend der auch viel geringern Ionisation, welche von diesen Strahlen gegenüber den α-Strahlen ausgelöst wird, kaum der Beobachtung zugänglich ist. Es müssten denn viel grössere Mengen radioaktiver Substanzen zugegen sein, als solche in den radioaktiven Kernen der Radiohalos aufzutreten pflegen. Das Gleiche gilt aber ebenfalls für sämtliche Strahlen α, β und γ wenn es sich um Haloerzeugung in nicht pleochroitischen Mineralien handelt. Solche Halos sind künstlich nur durch grössere Quantitäten radioaktiver Substanzen zu erzeugen, als solche in den radioaktiven Kernen der Gesteine nicht enthalten sind. Hingegen könnte auch in farblosen Mineralien, wohl speziell in solchen mit engen Kristallgittern, um radioaktive Kerne die Doppelbrechung z. B. durch die Ansammlung von Heliumatomen erhöht werden. Schliesslich mag den folgenden Darlegungen vorweg genommen werden, dass sich offenbar das Alter von Gesteinen auch an dem Aussehen der Halos im nichtpolarisierten Licht zu erkennen gibt, indem die Radiohalos in alten Biotiten und Hornblenden darin kräftiger zum Ausdruck kommen als in jüngern.

Beobachtungen über Radiohalos am Syenit vom P. Giuf.

Die am Normaltypus und seinen verschiedenen Übergangsgliedern auftretenden Radiohalos sind teilweise in den photographischen Tafeln wiedergegeben. Es dürfte kaum ein anderes Gestein in der Schweiz zu finden sein, wo reichlicher und schöner Radiohalos entwickelt sind. Die den mikroskopischen Beschreibungen beigefügten Tabellen über radioaktive Kerne und Halos ergeben die allgemeine Erscheinung, dass die grössten Hofbreiten und kräftigsten Halos mit meist kleinen zersetzten oder wegen ihrer Kleinheit nicht bestimmbaren Kernen zusammenfallen. Die bezüglichen Hofbreiten schwanken zwischen 0.02—0.033 mm, vorwiegend über 0.03 mm, und nur seltener

[1]) Phil. Mag. 8 1904, *10* 1905, *11* 1906.

wurden Höfe von über 0.033 beobachtet. Die grösste gemessene Breite war 0.049 mm. Die von Fr. Weber (l. c.) angeführten noch grössern Hofbreiten 0.06—0.075 mm (auch Rosenbusch zitiert Hofbreiten von 0.03—0.07 mm) konnten in obigen Dünnschliffen nicht aufgefunden werden und sollen daher später die fraglichen Schliffe von Weber nachgeprüft werden. Die kleinen Kerne mit den breiten Halos, die Fr. Weber als Orthite bestimmte, werden einer Nachprüfung zu unterstellen sein, indem es sich doch wahrscheinlich um zersetzte Uran- oder Thormineralien handeln dürfte.

Die bestimmbaren Orthite und Zirkone als radioaktive Kerne sind durchwegs von nur schmalen Höfen zwischen 0.01 und 0.02 mm umsäumt, und nur ganz ausnahmsweise wurden Hofbreiten bis zu 0.025 mm [1]) wahrgenommen. Dabei zeigte sich die schon von Weber gefundene, aber unaufgeklärt gebliebene Tatsache, dass die grössten Orthitkristalle von den schmalsten Höfen umgeben werden. Das Gleiche gilt nun meistens auch für die Zirkone.

Die Erscheinung, dass die grössten radioaktiven Kerne von Orthit und Zirkon von Radiohalos geringster Breite begleitet sind und umgekehrt, berechtigt zur Annahme, dass offenbar die Zentren dieser radioaktiven Kerne am aktivsten sind. In den äussern Hüllen dieser Mineralien, die dann nur schwach aktiv oder inaktiv wären, würden die vom aktivsten innern Teil ausgehenden α-Strahlen mehr oder weniger stark absorbiert, sodass nur noch ein schwacher, schmaler Hof resultieren kann. Schmal ist der Hof deshalb, weil ein Teil der Reichweite bereits in der wenig oder nicht aktiven Orthit-, resp. Zirkonhülle zurückgelegt wird, bevor das α-Teilchen in das umgebende Wirtmineral eindringen und dort einen Halo erzeugen kann.

Durch die Annahme einer sog. diluten Aktivität in der ganzen Orthit-, bezw. Zirkonsubstanz oder einer an feinste, die Substanz gleichmässig durchdringende Stäubchen gebundene Aktivität könnte ebenfalls die Erscheinung erklären, indem durch die grosse Absorption innerhalb den grossen Orthit-, bezw. Zirkonkristallen nur nahe am Rande dieser, als Gesamtwirkung aller den Orthit oder Zirkon verlassenden α-Strahlen, ein sichtbarer Hof resultieren kann [2]). Immerhin deuten die kleinsten Kerne mit ihren grossen, kräftigen Halos darauf, dass die radioaktiven Substanzen sich gerne kon-

[1]) Fr. Weber fand die Höfe um Zirkon nie breiter wie 0.015 mm.

[2]) Das Manuskript zu dieser Arbeit war längst abgeschlossen, als dem Verfasser die Arbeit von Mache und Bamberger „Über die Radioaktivität der Gesteine und Quellen des Tauerntunnels", Sitzungsbericht der K. Akademie der Wissenschaften in Wien, math.-naturw. Klasse, Bd. CXXIII, Febr. 1914, zur Verfügung gestellt wurde. Diese Autoren nehmen u. a. den Radium- und Thoriumgehalt des

zentrieren und zu **allererst** vom Magma ausscheiden[1]). Radioaktiv, resp. radioaktive Kerne führend, sind deshalb nur die ersten Auskristallisationen des Magmas, zu welchen eben u. a. die Accessoria Orthit und Zirkon gehören. In andern Gesteinen mögen diese ersten Ausscheidungen Titanit, Apatit, Rutil, Erze etc. sein. Titanit und Apatit, welche in den Syeniten des P. Giuf in sehr reichlicher Menge vorhanden sind, zeigen nirgends die geringste Spur von Radiohalos, weil sie offenbar nach Zirkon und Orthit und viel später als die radioaktive Substanz zur Ausscheidung gelangten. Immerhin ist die Frage berechtigt, ob nicht die schwerlöslichen, radioaktiven Moleküle der Uran-Thoriumreihe zum Orthit-, bezw. Zirkonmolekül, überdies eine gewisse selektive Neigung haben.

Wo der Epidotsaum — der entgegen der Annahme von Fr. Weber (Umwandlungspseudomorphose von Epidot nach Orthit) sicher meist primärer Natur ist — um Orthit breiter als der um letztern gewöhnlich auftretende Hof ist, fehlt dieser letztere, da in dem Epidotsaum die meisten α-Strahlen aufgefangen werden.

Die Reichweite der α-Strahlen in Biotit und Hornblende konnte an Stellen, wo der radioaktive Kern genau in der Begrenzungsfläche zwischen diesen beiden pleochroitischen Mineralien liegt, studiert werden. Es zeigte sich, dass die Hofbreite im Biotit stets um 0.005—0.008 mm grösser, der Halo kräftiger und schärfer ist wie in der Hornblende. Es wird noch zu prüfen sein, ob die Reichweite der α-Strahlen unabhängig ist von den kristallographischen, resp. optischen Axen. In den Ebenen dichtester Besetzung mit Kristallmolekülen sollte die Reichweite dieser korpuskularen Strahlung am niedrigsten sein.

Form und Struktur der Radiohalos waren in den vorliegenden Syeniten von aussergewöhnlicher Mannigfaltigkeit. Je nach der Form des Kerns waren die Höfe vorwiegend rundlich bis plattelliptisch. Gelegentlich konnte beobachtet werden, dass bei länglichen bis nadelförmigen radioaktiven Kernen der Halo in der Längsaxe dieser etwas enger war wie quer dazu. Dies ist auch theoretisch zu erwarten.

Eine ringförmige, indessen stets unscharfe Struktur der Halos ist sehr häufig, wie dies bereits Fr. Weber beschreibt. Wir können

---

Zirkon selbst wieder als rein akzesorischer, gebunden an Verunreiniguugen oder an das Auftreten von noch kleineren Aggregaten, die in ihnen eingeschlossen sind.

Mügge (l. c.) vermutet ebenfalls, dass nicht der reine Zirkon, sondern diesen begleitende trübe Teilchen die aktive Wirkung ausüben, während Gockel (Chemiker-Zeitung 1909, 126) chemisch-analytisch nachwies, dass mit der Reinheit der Zirkone die Aktivität abnahm. Doelter fand reine Zirkone inaktiv.

[1]) Hierauf hat auch R. J. Strutt hingewiesen. Nature *80*, 1909; Le Radium *8*, 1911; Proc. Roy. Soc. *84*, 1910.

hier des weitern auf die photographischen Tafeln nebst deren Erklärungen verweisen.

In pleochroitischen Schnitten von Biotit und Hornblende haben meist nur die sehr kräftigen Halos eine relativ scharfe äussere Sichtbarkeitsgrenze, während in nichtpleochroitischen Schnitten $\parallel c = b$ auch die schwächern Höfe eine solche Sichtbarkeitsgrenze aufweisen. Dagegen haben die kräftigen Halos in Schnitten $\parallel$ oP des Biotits an dieser äussern Grenze wieder ein schwaches Absorptionsmaximum, wodurch ein äusserer, sehr schwacher Ring entsteht. Zusammenfassend haben wir folgende Entwicklungsstadien von Halos in Biotit und Hornblende:

a) hellere, dunkelbraune innerste Zone, umgeben von einem dunkelgrauen bis schwarzen, unscharfen Ring, der nach aussen übergeht in einen hellern Ring mit oder ohne Absorptionsmaximum.

b) gleichmässig dunkle Pupille, umgeben von einem schwachen äussern Ring, der in Schnitten (001) in Biotit nach aussen mit einem sehr schwachen Maximum abbricht; hierher gehören auch exzentrische Schnitte von a).

c) Höfe, die am Kernrand am dunkelsten sind und allmählich sich nach aussen verlieren; zu dieser Kategorie gehören alle die schmalen Höfe um grössere Zirkon- und Orthit-Kristalle.

Sehr mannigfaltig und interessant werden die Beobachtungen an Radiohalos, wenn wir neben dem einseitig polarisierten Licht im gewöhnlichen, nicht polarisierten noch reflektierten Licht oder mit gekreuzten Nicols arbeiten. Die in beiden ersten Fällen sich ergebenden wesentlichsten Bilder sind durch photographische Wiedergabe veranschaulicht. Wir wollen daher nur kurz die Erscheinungen zwischen + Nicols erörtern, und zwar an Schnitten $\parallel c$ und $\parallel$ (001) von Biotit. Da konstatiert man, dass in den erstern Schnitten der innere Teil des Halo, der im gewöhnlichen oder einseitig polarisierten Licht eine braune bis braungelbe Färbung zeigt, eine Mischfarbe zwischen dieser und der normalen Polarisationsfarbe annimmt. An Stelle des diesen innern Teil umgebenden, dunkelgrauen Ringes erscheinen die Polarisationsfarben erhöht, so dass der ringförmige Aufbau der Radiohalos sehr schön zum Ausdruck kommt. Eine interessante, dem Verfasser bisher nicht bekannte Erscheinung wurde an dünnen Biotitblättchen genau $\parallel$ (001) zwischen gekreuzten Nicols aufgefunden, die weiteres Licht auf das Wesen der Radiohalos werfen dürfte. Der oben genannte innere Teil des Halo, die braune-gelbbraune Pupille, und z. T. auch der diese umgebende, dunkelgraue Ring, zeigten sich optisch stark aktiv durch Interferenzfarben, während der Biotit rings

herum in jeder Orientierung durchaus dunkel blieb. In 0.01–0.014 mm dicken Blättchen leuchtet die Pupille schwefelgelbgrün auf, in dickern bis 0.02 mm rötlichgelb, während an noch dickern eine gelbrote bis dunkelrotbraune Interferenzfarbe auftritt. In Blättchen von der Dicke der üblichen Dünnschliffe verschwindet die Interferenz nahezu völlig, weshalb die vorliegende Erscheinung unbekannt geblieben sein dürfte. Der dunkelgraue Ring, der die Pupille umschliesst, hat am innern Rande grünliche, dann dunkelindigo und schliesslich schwarze Farbe, die sich vom weniger dunkeln übrigen, d. h. interferenzfreien Biotitfeld abhebt. In Blättchen unter 0.009 mm Dicke leuchtet die Pupille lichtblaugrau (Grau erster Ordnung) auf, umgeben von einem noch dunklern Ring als in den dickern Blättchen. Bei einer Drehung des Objekttisches um 360° löscht die Interferenzerscheinung viermal unter 90° aus, so dass an eine Dispersion der beiden optischen Axen — die im unveränderten Biotit fast zu einer Axe zusammenfallen — in der optischen Axenebene anzunehmen ist. Diese Erscheinung soll noch eingehender untersucht werden. Eine Wiedergabe findet sich auf der photographischen Tafel II.

Wir haben nur um stark radioaktive Kerne vollständig entwickelte Höfe mit ringförmigem, resp. zonarem Aufbau. Stets ist in solchen Höfen der zentrale Teil, die Pupille — ausgenommen in derjenigen Stellung im einseitig polarisierten Licht, wo der ganze Hof maximale Dunkelheit erreicht, also in Schnitten $\perp$ (001) — heller wie die sich ihr anschliessende äussere Zone (Ring), entgegen den theoretisch zu erwartenden Höfen, wo die Gesamtwirkung sämtlicher durchgehenden α-Strahlen zu einer stark geschwärzten Pupille führen sollte, gleich wie am Ende der Reichweite jeder α-Strahlengruppe, wo für jede wiederum eine maximale Schwärzung erregt wird. Es frägt sich daher, ob in unsern Fällen nicht eine Art Überexposition der Pupille und damit verbundene Aufhellung vorliegt. Diese Frage soll später an anderer Stelle behandelt werden.

Die Radiohalos sind in der Hornblende meist nicht so mannigfaltig und schön ausgebildet wie im Biotit, der einen etwas kräftigern Pleochroismus wie erstere besitzt. Immerhin ist auch in der Hornblende ein ringförmiger Aufbau der Halos sichtbar, ganz ähnlich wie im Biotit, und kann auf das dort Gesagte verwiesen werden.

Die Radiohalos um Zirkon und unzersetzten Orthit wurden nie zonar durchgebildet befunden; sie sind auch wenn kräftig, doch stets sehr schmal und klingen nach aussen gewöhnlich langsam ab. Diese Halos sind in der Nähe des Kerns stets am dunkelsten.

Hier möge der Vollständigkeit halber noch eine Stelle aus der

Arbeit Fr. Webers, Seite 57 (l. c.), wörtlich folgen, als Bestätigung obiger Darlegungen: „Nach den Beobachtungen von Michel-Lévy wird in der Hornblende die Doppelbrechung im Hof um $^1/_5$, im Biotit um $^1/_8$ erhöht, in den Schliffen dieser basischen Ausscheidungen geht die Erhöhung noch weiter, in Hornblende bis nahezu $^1/_4$, in Biotit $\perp$ (001) sogar bis $^1/_3$. Die Intensität des Pleochroismus des Hofes dagegen ist allein abhängig von den Absorptionsverhältnissen des Wirtes, also — bei gleicher Konstitution — von dessen Schnittlage. In der Hornblende ist die Färbung des Hofes $\parallel$ c dunkelbraun, $\parallel$ a hellgelblichbraun, im roten Biotit auf der Basis tief dunkelbraun, in Schnitten $\perp$ (001) lichtstrohgelb $\parallel$ a fast schwarz $\parallel$ b c.“

Nach der Ausbildung der Radiohalos zu urteilen, welche nie so scharf und abgeschlossen erscheint, wie in alten, präkarbonischen Gesteinen, muss auf ein karbonisches oder postkarbonisches Alter der Kalisyenitdurchbrüche geschlossen werden.

Beobachtungen an den Radiohalos der tertiären Bergellergranite.

Die Halos, speziell die kräftigern, beschränken sich fast ausschliesslich auf die hornblendefreien, zweiglimmerigen Typen, finden sich daher nur in Biotiten, wobei sie besonders in grössern Biotitindividuen in grosser Zahl vorwiegend in Ebenen $\parallel$ (001) angesammelt sind. Es frägt sich, ob diese Biotite Einschmelzungsrelikte durchbrochener Tiefengesteine oder aber relativ sehr alte, randlich am Magmaherd konzentriert gebliebene, intratellurische Ausscheidungen darstellen. Verfasser hält das Letztere für das Wahrscheinlichere.

Gegenüber den Halos der Syenite vom P. Giuf weisen die Höfe dieser Granite grosse Verschiedenheiten auf, und zwar besonders hinsichtlich Grösse, Intensität und Ringbildung. Diese letztere fehlt hier, die Intensität ist im allgemeinen geringer, und besonders sind die Dimensionen weit geringer, kaum je 0.025 mm Breite erreichend. Überdies sind im gewöhnlichen unpolarisierten Licht z. B. in Schnitten schief bis normal auf (001) oder im linearpolarisierten Licht in Stellung geringster Absorption die Halos kaum mehr wahrnehmbar. Eine Ausnahme davon macht nur der Granit von Murtaira und Cacciabella, dessen Halos auch noch in solchen Schnitten und Lichtarten relativ deutlich zu erkennen sind. In Schnitten $\parallel$ der Basis des Biotits sind die Halos im gewöhnlichen, wie im einseitig polarisierten Licht kräftig bis schwarz und brechen nach aussen ziemlich rasch ab. Dagegen verlieren sie sich in Schnitten schief und besonders $\perp$ zu (001) sehr

langsam, so dass die Messung der Hofbreite unsicher wird. Weiteres ergibt sich aus den photographischen Tafeln und ihren Erklärungen. Stets sind die Halos dieser Gesteine im innersten Teil am dunkelsten und stellen ein wenig vorgeschrittenes Entwicklungsstadium dar.

Halos der Granite von Disentis. Gegenüber den vorhergehenden Halos besteht hier die wesentliche Abweichung, dass im Gestein 5 (Hauptgranit) auch grosse, radioaktive Kerne von 0.1 mm Durchmesser, breite, starke Höfe bis 0.04 mm Breite besitzen. Diese gelbgrünen, scheinbar völlig zersetzten, fast isotropen Kerne sind oft von einem Epidotkranz umsäumt, haben aber ihre ursprüngliche Kristallform noch erhalten. Wir haben es hier sicherlich mit einem Uran-Thoriummineral zu tun. Die leichte Verwitterbarkeit dieser Mineralien ist hervorzuheben. Eine nähere Prüfung dieser merkwürdigen Kerne soll noch vorgenommen werden. In den Graniten von Disentis sind die Halos um Zirkon und Orthit verhältnismässig schwach und nicht über 0.02 mm breit. Mittelbreite bis mittelkräftige Halos trifft man vornehmlich im chloritisierten Biotit um Epidotaggregate, die als Zersetzungsprodukte aufzufassen sind. Durch die Chloritisierung des Biotits scheinen die Halos nicht wesentlich oder kaum abgeschwächt zu werden.

Abgeschlossen in Braunwald, im Oktober 1919.

Bemerkungen zu den Tabellen.

Die angeführten Hofbreiten sind zu verstehen als gemessen vom radioaktiven Kernrand bis an die äusserste Sichtbarkeitsgrenze. Es ist in Anbetracht der stets unscharfen Hofbildungen, veranlasst durch die relativ stets grossen radioaktiven Kerne und der Ungewissheit, wie die radioaktive Materie darin verteilt ist, nicht versucht worden, die einzelnen Zonen der Höfe gewissen α-strahlenden Elementen zuzuordnen. Dies soll später im II. Teil im Verband mit den Aktivitätsmessungen wenn möglich nachgeholt werden. Wo kein Kern sichtbar war, wurde der Radius des Halos als Breite genommen. Ein Teil der Kerne ist angeführt als von unbekannter primärer Natur. Darunter fallen solche, die als Zersetzungsprodukte aufgefasst werden mussten und solche, die nicht mit Sicherheit zu bestimmen waren. Bei der Kleinheit dieser Kerne, die überdies öfters von Schichten des Wirtminerals über- oder unterlagert sind, wird die übliche mikroskopische Diagnose so gut wie unmöglich. Die Schnittebenen des Wirtminerals waren nicht überall unzweideutig zu ermitteln.

Nachtrag.

In diesem Nachtrag soll noch speziell eine Arbeit erwähnt werden, welche dem Verfasser bis zum Abschluss dieser Untersuchung leider unbekannt blieb. Es betrifft: Hövermann, „Über pleochroitische Höfe in Biotit, Hornblende und Cordierit und ihre Beziehungen zu den α-Strahlen radioaktiver Elemente", Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. Beilage-Band XXXIV.

Hövermann behandelt dieses Thema speziell hinsichtlich der optischen Veränderungen innerhalb der Höfe, sowohl an künstlich erzeugten, als an natürlichen Halos in ausgezeichneter Weise.

Besonders beachtenswert ist die Behandlung verschiedener Entwicklungsstadien der Halos, wobei folgende fünf Stadien unterschieden werden:

1. Ringförmiger Hof mit innerem dunklen Feld und äusserem hellen Ring, beides ohne Grenzwert der Schwärzung.
2. Gleichmässig dunkler Hof, überall maximale Absorption erreicht.
3. Ringförmiger Hof, innerer von dunklerer Färbung, aber mit innerer Aufhellung und äusserem hellen Ring mit dunklem Rand.
4. Ringförmiger Hof mit gleichmässig dunkler Pupille und äusserem hellern Ring mit dunklem Aussenrand.
5. Gleichmässig dunkler Hof mit heller innerster Zone.

Daran schliesst sich eine tabellarische Zusammenstellung der Beobachtungsdata an Höfen, über ihre Einschlüsse, Entwicklungsstadien der Höfe, Dichte der Biotite, Quadratwurzel aus dem mittlern Atomgewicht, Dimension der Höfe nach *Ra A*, *Ra C*, *Th X*, *Th C*, gemessen und berechnet. Durch die seitherigen Forschungen, speziell durch Joly und Rutherford über die Reichweiten der α-Strahlen wird allerdings der zonare Aufbau noch mannigfaltiger gestaltet, als dies von Hövermann dargelegt werden konnte. Verschiedene von Hövermann noch nicht berücksichtigte Reichweiten von α-Strahlen in Biotit sind oben aufgeführt.

Bemerkenswert ist die Angabe, dass im gewöhnlichen Licht gleichmässig gefärbte Höfe zwischen + Nicols durch Abstufung der Interferenzfarben noch ringförmig erscheinen können. Hövermann lernt uns auch die Beobachtung kennen, dass nahezu einaxiger Biotit in Spaltblättchen nach der Basis innerhalb eines Hofes eine deutliche Aufhellung zeigen könne, während der übrige Biotit dunkel bleibe und deutet dies als Folge verstärkter Doppelbrechung und damit vergrössertem Axenwinkel.

Nach Hövermann setzt die Verstärkung der Doppelbrechung nicht bis an den äussersten Rand des Hofes fort, sondern es existiert

eine ringförmige Aussenzone, in der zwar die Absorption die gleiche Verstärkung erfahren hat, wie im innern, eine Änderung der Doppelbrechung gegenüber dem unbeeinflussten Biotit dagegen nicht mehr wahrnehmbar ist. In den Höfen der Hornblende wurde an Flächen aus der Zone der *c*-Axe die Veränderung der Auslöschungsrichtung an natürlichen Höfen beobachtet und überdies aus experimentell gefundenen Daten berechnet, wobei fast allgemein eine Verringerung des Winkels $c:\mathfrak{c}$ gefunden wurde, während die Doppelbrechung, wie dies auch am Biotit der Fall ist, innerhalb der Höfe vergrössert wird. Hövermann berechnet aber Schnittebenen, wo in den Halos der Hornblende von bestimmter chemischer Zusammensetzung eine Verringerung der Doppelbrechung einsetzen müsste. Es würde zu weit führen, auf den übrigen wichtigen Inhalt der Arbeit von Hövermann einzutreten, die ihr vorangestelltes Thema in fundamentaler Weise behandelt und weitern Forschungen auf diesem Gebiet als Basis dienen kann. Zwei Tafeln mit je sechs schönen Mikrophotographien von Halos ergänzen den Text.

Tabelle zu Gestein I und II

Radioaktive Kerne und ihre Durchmesser in mm	Radiohalos und ihre Breite in mm	Wirtmineral und Schnittebene	Bemerkungen
I			
A. Kerne von unbekannter primärer Natur etc.			
Kern nicht sichtbar	0.031 (Radius)	Biotit ‖ (o P)	
„ „ „	0.035 „	Hornblende schief zu *c*	Die dunkelbraungrüne, zentrale Partie des Hofes hat 0.025, die äusserste sichtbare Grenze 0.035 Radius
„ 0.0327 × 0.109	0.0305	Biotit ‖ (o P)	
B. Zirkonkerne			
0.027	0.0112	Biotit ‖ (o P)	
0.058	0.0163	„ schief (o P)	
0.0436 × 0.0654	0.007 — 0.008	Hornblende schief zu *c*	
C. Orthitkerne			
0.0436	0.012	Hornblende schief zu *c*	
II			
A. Kerne unbekannter primärer Natur etc.			
Kern nicht sichtbar	0.032	Hornblende ‖ Prisma	
„ „ „	0.038	„ „ „	
0.0109 × 0.013	0.0349	Biotit schief (o P)	Elliptischer Hof mit ringförmiger Zone maximaler Absorption. Der Hof ist trotz geringem Pleochroismus des Wirtes sehr kräftig
0.011 × 0.024	0.032	„ „ „	

0.0087 × 0.0251	0.0382 — 0.0327	„ „ „	In der Längsaxe des Kerns ist der Hof 0.0327 ⊥ dazu 0.0382 mm breit
0.0109 × 0.0436	0.0436 — 0.038	„ ⊥ „	In der Längsaxe des Kerns ist der Hof 0.038 ⊥ dazu 0.0436 mm breit
0.005 × 0.07	0.045 — 0.049	Biotit schief (o P)	Stark elliptischer Hof
0.0218	0.0327 — 0.04	Hornblende „ zum Prisma in verschieden orientierten Biotitlamellen	— Photogr. Tafel —
0.0273 Zirkon (?)	0.0093	Biotit schief (o P)	
0.0218 „ „	0.0143	„ „ „	
0.0545 „ „	0.0054	„ „ „	
0.036 × 0.06	0.032 — 0.033	Hornblende ‖ (010)	— Photogr. Tafel —
0.030 × 0.016	0.04	„	
B. Zirkonkerne			
0.0218	0.0109	Biotit schief (o P)	Sehr schwacher Hof
0.0219 × 0.0327	0.011	„ ⊥ „	
0.0327 × 0.0436	0.0109	„ schief „	
0.04 × 0.07	0.012	in verschieden orientiertem Biotit	— Photogr. Tafel — In Hornblende sind die Halos um Zirkon kaum mehr wahrnehmbar
0.0545	0.011 — 0.012	Biotit schief (o P)	
0.0545 × 0.0436	0.0163	„ „ „	
0.013	0.0196	„ annähernd ‖ (o P)	
C. Orthitkerne			
0.1635	0.0163	Hornblende	
0.0764 × 0.185	0.0109 0.0196	Hornblende ‖ *c* Biotit ⊥ (o P)	
0.25 × 0.218	0.0109	„ ‖ (o P)	
0.70 × 0.31	0.011	Hornblende schief zu *c*	

Tabelle zu Gestein III u. IV

Radioaktive Kerne und ihre Durchmesser in mm	Radiohalos und ihre Breite in mm	Wirtmineral und Schnittebene	Bemerkungen
III **A. Kerne unbekannter primärer Natur etc.**			
Unsichtbarer Kern	0.0436	Biotit ⊥ (o P)	Sehr starker Hof
„ „	0.040	„ ‖ „	Die zentrale Zone ist bis 0.02 mm vom Kerne heller, dann folgt ringförmige dunkle Zone
„ „	0.038	„ „ „	Sehr dunkler bis schwarzer Hof
„ „	0.038	„ „ „	
„ „	0.029	Hornblende	
„ „	0.027	Biotit ‖ (o P)	Sehr schöner runder, gleichmässig schwarzer Hof
Meist trübe oder schwach grüniche, oft isotrope Kerne neben epidotähnlichen Produkten			
0.0075	0.04 u. 0.034	Biotit ⊥ (oP) und Hornbl. ‖ Prisma	Der Kern liegt an der Grenzfläche zwischen Biotit und Hornblende. Im erstern ist der sichtbare Hof um 0.004 mm breiter
0.018	0.0327	Biotit ‖ (o P)	Der Halo ist am dunkelsten bei ca. 0.015 mm v. Kernrand
0.008 × 0.02	0.034	„ „ „	
0.02 × 0.028	0.0327	„ schief „	Die dunkelrotbraune Pupille wird bei 0.018—0.03 mm vom Kernrand entfernt von starkem Absorptionsmaximum umgeben
0.018 × 0.02	0.032 — 0.034	Hornblende ‖ (110)	Ringförmiges Absorptionsmaximum zwischen 0.012 und 0.018 mm
0.019	0.0218	„	
0.043	0.0208	„	

B. Zirkonkerne			
0.0327	0.0218	Hornblende	
0.076 × 0.098	0.011	Biotit ⊥ (oP)	Der Zirkon hat einen dunkeln Kern
0.024	0.012	„ ∥ „	
0.0327	0.0109 — 0.016	„ „ „	
0.327 × 0.0545	0.0109	„ „ „	
0.041	0.0109 — 0.016	„ schief „	
0.0545 × 0.087	0.0109	Hornblende	
0.0763 × 0.0436	0.01	Biotit ∥ (oP)	
0.072	0.008 — 0.01		
0.087	0.0131	„ ⊥ „	Der Zirkon hat einen dunkeln Kern
C. Orthitkerne			
0.087 × 0.076	0.022	Biotit ∥ (oP)	
0.15 × 0.185	0.0131	„ „ „	
0.0327 × 0.109	0.014	Hornblende schief zu *c*	
0.0545 × 0.05	0.011	Biotit ∥ (oP)	
0.04 × 0.054	0.0109	„ „ „	
0.218 × 012	0.0109	„ „ „	
IV			
A. Kerne unbekannter primärer Natur etc.			
Unsichtbarer Kern	0.0382	Biotit ∥ (oP)	
Epidot (?) „	0.0327	„ schief „	Sehr kräftiger Hof mit ringförmigem Absorptionsmaximum — photogr. Tafel —
0.008	0.038	„ ⊥ „	Der Hof liegt genau zwischen Biotit und Hornblende
	0.030	Hornblende	— photogr. Tafel —

Tabelle zu Gestein IV, V, VI und VII

Radioaktive Kerne und ihre Durchmesser in mm	Radiohalos und ihre Breite in mm	Wirtmineral und Schnittebene	Bemerkungen
0.012 × 0.0436	0.0436	Biotit ⊥ (o P)	Sehr kräftiger Hof mit dunkelbrauner Pupille und ringförmigem Absorptionsmax. zwischen 0.012 u. 0.019
0.01	0.04	„ schief „	
0.0109	0.0337	„ ⊥ „	Sehr kräftiger Hof mit dunkelbrauner Pupille und ringförmigem Absorptionsmax. zwischen 0.012 u. 0.019
0.012 × 0.018	0.0316	„ etwas schief „	Sehr kräftiger Hof mit dunkelbrauner Pupille und ringförmigem Absorptionsmax. zwischen 0.012 u. 0.019
0.015	0.031	„ „ „ „	
B. Zirkonkerne			
0.012	0.0109	Biotit ∥ (o P)	
0.011 × 0.043	0.0109	„ „ „	
0.054 × 0.109	0.01 — 0.012	Hornblende	Sehr schwacher Hof
0.0545 × 0.109	0.02	Biotit schief (o P)	
C. Orthitkerne			
0.19 × 0.2	0.0109	Hornblende	
0.24 × 0.163	0.0163	„ schief zu *c*	
V			
A. Kerne unbekannter primärer Natur etc.			
Unsichtbarer Kern	0.0218	Biotit	Die grünbraunen bis grüngelben idiomorphen Kerne sind optisch inaktiv und wohl gänzlich zersetzt. Die Höfe sind sehr kräftig, aber ohne ringförmige Absorptionsmaximum von Bedeutung
0.05 × 0.08	0.04	„ versch. orientiert	
0.07 × 0.10	0.04	„ schief (o P)	

0.02 × 0.03	0.025	Biotit schief (o P)	
0.01 × 0.02	0.018	„ ⊥ „	
0.01	0.022	„ „ „	Relativ kräftiger Hof
B. Zirkonkerne			
0.0436 × 0.0327	0.0109	Biotit schief (o P)	
0.032 × 0.054	0.01	„ ‖ „	
0.02	0.012	„ ⊥ „	Relativ kräftiger Hof
VI			
A. Kerne fraglicher primärer Natur oder unbestimmbar			
0.0067	0.024	Biotit ⊥ (o P)	Hof sehr allmählich abklingend
0.0109 × 0.22	0.0109	Chlorit	
0.0109 × 0.0327	0.0109	Biotit ‖ (o P)	
0.015	0.022	Biotit schief (o P)	Relativ kräftiger Hof
B. Zirkonkerne			
0.008	0.0187	Biotit schief (o P)	Hof sehr allmählich sich verlierend
0.012 × 0.04	0.022	Chlorit	Relativ kräftiger Hof
VII			
Zirkonkerne			
0.0218 × 0.0872	0.011	Biotit ‖ (o P)	Schwache bis höchstens mittelkräftige Höfe, die nur in Stellung stärkster Absorption sichtbar werden
0.0436	0.011	„ „ „	
0.0436 × 0.0654	0.0109	„ „ „	
0.0327 × 0.109	0.0109	Hornblende ‖ *c*	
0.04 × 0.03	0.01	„ ‖ *c*	

Tabelle zu Gestein IX, X und XI

Radioaktive Kerne und ihre Durchmesser in mm	Radiohalos und ihre Breite in mm	Wirtmineral und Schnittebene	Bemerkungen
IX			
A. Kerne fraglicher Natur (Epidot? Zirkon?)			
0.0109 × 0.017	0.0196	Biotit ⊥ (o P)	
0.0165	0.021	„ „ „	
0.012	0.013	„ „ „	
0.015 × 0.02	0.015	„ „ „	
0.01	0.018	„ „ „	
0.008 × 0.05	0.010	„ ∥ „	
0.0327 × 0.0218	0.0218	„ ⊥ „	
0.0327 × 0.035	0.0218	„ ∥ „	
0.0436 × 0.0872	0.0218	„ ∥ „	Dieser Hof ist relativ kräftig
B. Zirkonkerne			
0.008 × 0.022	0.016	Biotit ⊥ (o P)	
0.018 × 0.032	0.012	„ „ „	
X			
A. Kerne fragl. Natur			
0.0025	0.016	Biotit ∥ (o P)	
0.013 × 0.0218	0.0165	„ „	
0.0218 × 0.009	0.012	„ „	

B. Zirkonkerne				
0.0109	0.019	Biotit ‖ (o P)	Kreisrunder Hof	
0.0109 × 0.0327	0.0131	„ „		
0.0109 × 0.065	0.012	„ „		
0.0109 × 0.0327	0.0109	„ „		
0.0109 × 0.0218	0.011	„ „		
0.0109	0.024	„ „	Ziemlich dunkler Hof	
0.0272	0.025	„ „	„ „ „	
0.0109 × 0.0327	0.014	„ „		
C. Turmalinkern (?)				
Aggregat 0.0436 × 0.196	0.09	Biotit schief (o P)	Sehr schwacher Hof	
XI				
A. Kerne fraglicher Natur (Zirkon? Epidot?)				
0.0163 × 0.0327	0.0215	Biotit schief (o P)	Kräftiger Hof	Die kräftigen Höfe sind oft auch in Stellung, geringster Absorption und im gewöhnlichen Licht schwach sichtbar
0.0109 × 0.016	0.0196	„ ⊥ „	„ „	
0.015	0.0196	„ ‖ „	„ „	
0.0109 × 0.0127	0.0196	„ „ „	Hof scharf und dunkel	
0.0963 × 0.048	0.029—0.031	„ ⊥ „	Dieser grosse Kern könnte für Zirkon gehalten werden, doch sind die Interferenzfarben tief, ähnlich Epidot	
0.03 × 0.053	0.021	„ schief „		
B. Zirkonkerne				
0.0109 × 0.0218	0.0196	Biotit ‖ (o P)		
0.0087	0.018	„ ⊥ „		
0.0327 × 0.0545	0.02	„ „ „		
0.0436	0.019	„ schief „	Kräftiger Hof	
0.022 × 0.04	0.02	„ „ „	„ „	
0.11 × 0.05 (Epidot?)	0.029	„ „ „	„ „	

Tabelle zu Gestein XII, XIII und XIV

Radioaktive Kerne und ihre Durchmesser in mm	Radiohalos und ihre Breite in mm	Wirtmineral und Schnittebene	Bemerkungen
XII			
Zirkonkerne			
0.02	0.02	Biotit ⊥ (001)	Halo relativ schwach
0.013 × 0.02	0.018	„ „ „	
Orthitkerne			
0.48 × 1.0	0.02 — 0.024	„ „ „	Photogr. Tafel II 12
0.29 × 0.664	0.02	„ ∥ „	
XIII			
Zirkonkerne			
0.17 × 0.10	0.012	Hornblende ∥ (110)	
0.14	0.018 — 0.02	„ ⊥ c	
0.06 × 0.09	0.015 — 0.018	„ ∥ „	Photogr. Tafel II 13
0.05	0.015	„ „ „	
0.08 × 0.07	0.018 — 0.022	„ „ „	
0.05	0.018 — 0.02	„ „ „	
0.05	0.020	„ „ (110)	
0.03	0.018	Biotit „ (001)	
0.02	0.01	„ „ „	
Schwarzer Kern (?) 0.003	0.023 — 0.025	Hornblende „ (110)	Halo relativ kräftig
Orthitkerne			
0.35 × 0.65	0.01	„ „ c	Schwacher Halo
0.45 × 0.48	0.01 — 0.015	„ „ „	

Kerne unbekannter Natur				
Zirkon (?)	0.1 × 0.02	0.028 — 0.03	Biotit ⊥ (001)	Kräftige Halos, auch sichtbar in Stellung geringster Absorption als gelbe Höfe.
„ „	0.04	0.02	„ „ „	
Grünes Aggregat				
	0.03 × 0.02	0.02 — 0.022	„ (Chlorit) „ „	
Grünes Korn				
	0.02 × 0.015	0.02 — 0.023	„ schief „	
Grünes Aggregat				
	0.02 × 0.019	0.04 — 0.042	„ ⊥ „	Kräftiger Halo idem
Grünes Korn				
	0.01	0.02	„ (Chlorit) „ „	
Zirkonkerne				
0.015		0.01	„ schief „	
0.02		0.02	„ „ c	

Bemerkungen zu den Tafeln.

Die Mikrophotographien wurden mit einem Seibert-Instrument mit achromatischer oder apochromatischer Optik gemacht und eine in der Arbeit von K. von Neergaard „Grundregeln der Mikrophotographie, mit Angabe einer einfachen optisch-rationellen Apparatur" (Zürich, Verlag Speidel & Wurzel) vorgeschlagene Methode befolgt. Statt der flüssigen Gelbfilter wurde eine Gelbscheibe verwendet, wie solche für die Autochromphotographien nach Lumière im Gebrauch steht. Als Platten dienten Agfa, Chromo-Isolar.

Ein grosser Teil der Dünnschliffe war, da sie in grossem Format ausgeführt wurden, relativ dick (0,05—0,066 mm), sodass auf grosse Schärfe der Mikrophotographie oft verzichtet werden musste. Die grössten Schwierigkeiten bereiteten die Aufnahmen der ringförmigen Halos in Biotit. Die gelbbraune oder dunkelrotbraune Pupille wirkte auf die photographische Platte in fast genau gleichem Grad, wie die diese umgebende, stets verschwommene, dunkelgraue oder braunschwarze Zone maximaler Absorption.

Die gleichen Schwierigkeiten ergaben sich bei den zonar aufgebauten Halos in der Hornblende, wo der Kontrast zwischen Pupille und ringförmiger Dunkelzone photographisch kaum noch zu erfassen ist. Ebenso geht der äussere, schwachgraue Ring der Höfe vielfach verloren, wenn der innere Teil der Höfe richtig durchgearbeitet wird. Bei Anwendung stark auflösender Systeme, über 150fache Vergrösserung hinaus, wird u. a. der Kontrast zwischen den verschiedenen Zonen des Hofes verringert, weshalb mit schwächern Systemen von 100 bis 150facher Vergrösserung und langem Kameraauszug gearbeitet wurde. Eine Ausnahme machen ebene, sehr dünne Spaltblättchen von Glimmer, in denen kräftige Halos noch mit stark auflösenden Systemen vorteilhaft zu photographieren sind.

Erklärungen zu den Tafeln I und II.

(Die arabischen Zahlen entsprechen den römischen Gesteinsnummern im Text.)

2a—2c. Elliptischer Doppelhof in Biotit, schief zu (001). Die beiden Kerne messen 0,008 × 0,044 mm, löschen annähernd gerade aus und zeigen Interferenzfarben, die auf Epidot hinweisen. Mit den Kernen sind epidotähnliche Massen in Zusammenhang die ‖ den Spaltrissen sich ausdehnen.

2a. Aufnahme im gewöhnlichen Licht. Der innere Teil der Halos ist dunkelbraun, umgeben von einer dunkelgrauen, ringförmigen Zone, deren Mitte bei etwa 0,03 mm vom Kernrand liegt.

Im gewöhnlichen Licht ist der Hof viel kräftiger sichtbar als in Stellung minimaler Absorption im linearpolarisierten.

2b. Im linear polarisierten Licht, in Stellung maximaler Absorption. Die zentrale Zone zeigt nur sehr schwache Aufhellung. Die äusserste Hofgrenze liegt bei 0,038 bis 0,04 mm vom Kernrand.

2c. Zwischen gekreuzten Nicols. Die Interferenzfarben im Halo sind höher, indessen durch grössere Absorption verdüstert. Die äusserste sichtbare Hofgrenze liegt etwa 0,002 mm weniger weit vom Kernrand entfernt, wie im gewöhnlichen Licht. Der Hof ist kräftiger als aus der Photographie hervorgeht. Der äussersten Grenze schliesst sich ein lichtstärkerer Saum von etwa 0,003 mm Breite an.

2d. Elliptischer Hof in Hornblende, Schnitt ∥ c, im linear polarisierten Licht. Der fast isotrope (zersetzte?) Kern misst 0,02 × 0,048 mm und ist von Zersetzungsprodukten (Epidot?) begleitet, die zum Teil als Adern von ihm ausgehen. Die äusserste Grenze des Halo liegt bei 0,037—0,04 mm. Ein verschwommenes Absorptionsmaximum befindet sich zwischen 0,010 und 0,020 mm. Der Hof hebt sich auch im gewöhnlichen Licht in bräunlichgrüner Färbung von dem lichtgelblichgrünen Untergrund der unbeeinflussten Hornblende sehr kräftig ab.

2e. Kreisrunder Hof in verschieden orientierten Biotitlamellen im gewöhnlichen Licht. Der lichtgrüne Kern besteht aus einem innern Kern von ca. 0,014 mm und einer Hülle von 0,029 mm Durchmesser. Die äusserste Sichtbarkeitsgrenze des Hofes liegt im Mittel bei etwa 0,040 mm vom äussern Kernrand. Der dunkle Hofteil liegt im Biotit annähernd ∥ (001), der helle in Schnitten ⊥ (001). Ein schwaches Maximum der Absorption liegt zwischen ca. 0,018 und 0,029 mm. Die zentrale Zone des Hofes ist dunkelbraun, das ringförmige Absorptionsmaximum hat dunkelgraue Färbung. Der schöne 0,04 × 0,07 mm messende Zirkonkristall unten, zeigt in den günstig orientierten Biotitblättchen einen deutlichen Hof von ca. 0,013 mm Breite.

3. Zwei Höfe mit und ohne Kern in Biotit ∥ (001) im gewöhnlichen Licht. Der grünliche, isotrope Kern misst 0,0096 × 0,0192 mm; er ist von primären traubignierigen Massen und Schweifen aus Mikrolithen umhangen. Der grosse Hof hat eine tief dunkelrotbraune Färbung, umrahmt von einem verschwommenen, schwarzen ringförmigen Absorptionsmaximum, das zwischen 0,019 und 0,03 mm vom Kernrand liegt. Der äusserste sichtbare, allmählich verschwindende Rand des Hofes liegt bei ca. 0,043 mm vom Kernrand. Der schwarze, runde Hof rechts, ohne Kern, entspricht einem exzentrischen Schnitt,

der in die Zone maximaler Absorption fällt. Sein Durchmesser beträgt ca. 0,067 mm.

4 a. Der radioaktive Kern von ca. 0,011 × 0,015 mm Durchmesser liegt genau an der Grenzfläche zwischen Biotit und Hornblende, aufgenommen im linear polarisierten Licht. Der Biotit ist ⊥ (001) geschnitten, die Hornblende etwas schief zu c. In letzterer geht die Sichtbarkeitsgrenze des Halos bis 0,030 mm vom Kernrand, ein ringförmiges Absorptionsmaximum liegt zwischen 0,01—0,02 mm. Die Pupille ist dunkelgrünbraun bis tiefbraun. Im Biotit reicht der sichtbare Hof bis 0,038 mm vom Kernrand. Bei der Schnittlage ⊥ (001) in Stellung maximaler Absorption ist im Biotit ein ringförmiges Absorptionsmaximum nicht zu konstatieren.

4 b. Halo im Biotit annähernd parallel zu (001) geschnitten. Der radioaktive Kern misst 0,012 × 0,02 mm und führt dunkeln Kern von 0,01 × 0,0015 mm. Die äusserste Sichtbarkeitsgrenze des Halos reicht bis ca. 0,033 mm. Ein ringförmiges Absorptionsmaximum liegt zwischen 0,01 und 0,02 mm. In der äussern, hellen Korona ist kein Absorptionsmaximum zu beobachten. Die Pupille ist dunkelbraun. Nahe am Rand des Hofes, parallel mit diesem verlaufend, sind Risse sichtbar. Schon Mügge (l. c.) hat solche Risse konstatiert und die mögliche Annahme aufgestellt, dass durch die Hofbildung die Kohäsion des Biotit beeinflusst werde.

10. Korrodierter Biotit nicht ganz ∥ zu (001) geschnitten mit sehr vielen Halos, im gewöhnlichen Licht. An den Rändern sehr allmählicher Übergang in Chlorit (?). Der grosse Kern in der Mitte besteht aus einem Kern mit sehr hoher Doppelberechnung von 0,01 × 0,018 mm Durchmesser und einer Hülle von ca. 0,004—0,01 mm Breite. Beide löschen nicht gleichzeitig aus. Die Hofbreite misst vom äussersten Rand der Hülle 0,028—0,030 mm. Der lichtgrüne Kern kann nicht Zirkon sein, dagegen sind eine Reihe nadelförmiger Kerne mit schwächern Höfen als solche befunden worden.

11 a. Korrodierter Biotitfetzen mit viel kräftigen Halos im gewöhnlichen Licht. Schnittebene bildet nur einen kleinen Winkel mit (001). Der grosse Kern links oben misst 0,36 × 0,022 mm, die äusserste Sichtbarkeitsgrenze des Hofes liegt etwa 0,022 mm vom Kernrand. Die Interferenzfarben des Kernes sprechen eher für Epidot als für Zirkon. Die schmalen Höfe, meist um Zirkon, messen ca. 0,016 mm.

11 b. Verschiedene Höfe in einem Biotit annähernd ⊥ (001), im gewöhnlichen Licht. Da der Schnitt nicht genau ⊥ auf (001) steht, so sind die kräftigen Höfe auch im gewöhnlichen Licht noch deutlich sichtbar.

12. Orthitzwilling mit schwachem Hof gegen Biotit ⊥ (001) im linear polarisierten Licht. Der Orthit misst ‖ der Zwillingslinie 0,8 mm. Der schwache, sich allmählich verlierende Hof ca. 0,02 mm.

13. Höfe in Hornblende schief zu c geschnitten um idiomorphe Zirkone als radioaktive Kerne im gewöhnlichen Licht.

Der grosse, sechsseitige Zirkonschnitt misst 0,09 × 0,048 mm. Die Hofbreiten bewegen sich zwischen 0,015 und 0,02 mm. Nach aussen verlieren sich die Höfe allmählich. Nahe am Kern sind die Höfe hellgelbbraun, nach aussen werden sie dunkelgraubraun. Die Zirkone sind erfüllt von kleinen Einschlüssen von 0,001—0,003 mm Durchmesser. Im linear polarisierten sind die Höfe nicht kräftiger zu sehen als im gewöhnlichen Licht.

14a und b. Biotitkristall ⊥ (001) mit vielen ziemlich kräftigen Halos um Kerne, die meist für Zirkone zu halten sind. Der grosse Kern rechts aussen misst 0,02 × 0,043 mm, sein Hof, der allmählich nach aussen abklingt, ca. 0,02 mm. Der Kern direkt darunter von 0,015 × 0,025 mm ist stark pleochroitisch von hellgelbgrün bis graublau. Der ihn umgebende Hof hat eine maximale Breite von 0,02 mm.

14a im linear polarisierten Licht in Stellung maximaler Absorption.

14b im gewöhnlichen Licht. Weil die Schnittebene im Biotit genau ⊥ zu (001) steht, sind die Höfe nur mehr äusserst schwach wahrnehmbar.

2f und g. Spaltblättchen von Biotit ‖ (001) mit zwei Radiohalos. Der kleinere ist ohne Kern, der grössere hat einen solchen von 0,0096 mm Durchmesser, der im Zentrum einen zweiten Kern von 0,0029 mm führt. In der Gegend der Höfe hat das Biotitblättchen eine Dicke von 0,003—0,009 mm.

2f. Im gewöhnlichen Licht. Die zentrale Zone der Höfe ist braungelb, umgeben von einem verschwommenen, dunklern, braungrauen Ring, der im grössern Hof zwischen ca. 0,034 und 0,052 mm vom Kernrand sich ausdehnt. Die äusserste Sichtbarkeitsgrenze dieses Hofes liegt bei etwa 0,057 mm vom Kernrand. Will man keine wirksamen Strahlen von über 0,04 mm Reichweite akzeptieren, so müsste der radioaktive Kern unmittelbar über oder unter dem Spaltblättchen viel breiter sein, als er im Blättchen sichtbar ist. (Immerhin sind verschiedene Beobachtungen an den Halos der Kalisyenite gemacht worden, die sehr zugunsten wirksamer Strahlung von weit über 0,04 mm Reichweite sprechen). Der kleinere Hof misst im Maximum 0,08 mm im Durchmesser und hat ebenfalls ein ringförmiges Absorptionsmaximum.

2g. Zwischen gekreuzten Nicols. Je nach der Dicke des Spaltblättchens leuchtet der Hof in blaugrauer, schwefelgelber und orangegelber Farbe auf, umsäumt von einem dunkeln, verschwommenen Ring, der beim grössern Halo zwischen 0,038 und 0,048 mm vom Kernrand liegt und sich durch noch grössere Dunkelheit als die unbeeinflusste Umgebung von dieser abhebt. Im gewöhnlichen Licht ist der Hof an der dünnsten Blättchenstelle am schwächsten sichtbar, während er zwischen gekreuzten Nicols an dieser Stelle die niederste Interferenzfärbung und ebenfalls den schmälsten Interferenzhof aufweist. Die Interferenzerscheinung verschwindet viermal bei einer Drehung um 360°.

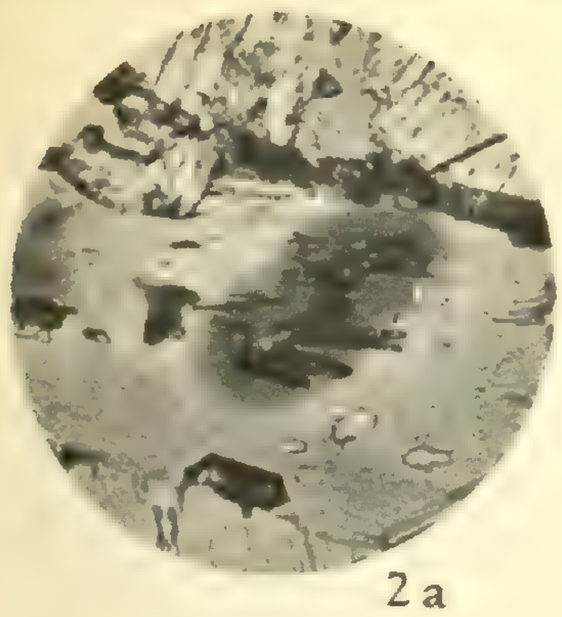
2h. Zwei Höfe in Spaltblättchen von Biotit im gewöhnlichen Licht. Der Kern des grössern Halo misst im grössten Durchmesser 0,0192 mm. Er besitzt sehr hohe Doppelbrechung und ist von gelblicher, traubignieriger Masse umhangen, die sehr wahrscheinlich eine primäre Ausscheidung um den Kern darstellt. Der Hof misst bis zur äussersten Grenze 0,040 mm vom Kernrand und zeigt genau die gleichen Erscheinungen wie der vorhergehende Halo.

11c. Spaltblättchen von Biotit mit Hof um Zirkonnadel im gewöhnlichen Licht. Der Hof ist gegenüber den Prismenflächen viel kräftiger als gegenüber den Pyramidenflächen, weil von den Prismenflächen eine grössere Strahlendichte ausgeht, als von den Spitzen der Zirkonnadel. Diese ist 0,008 mm breit, während der Halo bis 0,020 mm vom Kernrand sichtbar ist.

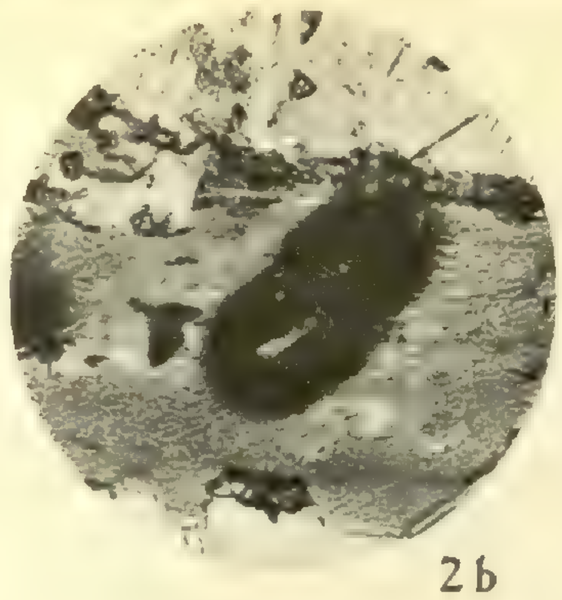
11d. Spaltblättchen von Biotit mit viel Halos, im gewöhnlichen Licht. Der kräftige elliptische Hof nahe der Mitte hat eine sichtbare Breite von 0,022 mm vom Kernrand. Dieser entspricht ziemlich sicher einer Zirkonnadel von 0,007 mm Breite, obgleich sie in keiner Stellung auslöscht, sondern parallel der Polarisationsebene in graugrüner und unter 45° zu dieser in feuerroter Farbe leuchtet. Das Spaltblättchen hat eine Dicke von 0,03—0,035 mm.

11e. Spaltblättchen von Biotit von ca. 0,04 mm Dicke mit vielen Höfen im gewöhnlichen Licht. Die Hofbreiten bewegen sich zwischen 0,012 und 0,02 mm vom Kernrand weg. Einige Kerne haben tiefbraune Farbe, hohe Doppelbrechung und schiefe Auslöschung von 30 bis 40°. Andere Kerne führen stark brechende, kugelige Einschlüsse, die für Flüssigkeit zu halten sind.

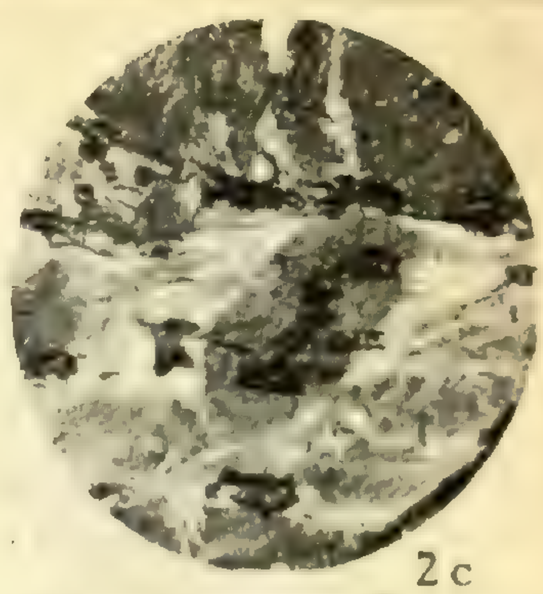
In den dünnern Biotit-Spaltblättchen von ca. 0,015—0,022 mm Dicke dieses Gesteins zeigen die kräftigen Höfe zwischen gekreuzten Nicols deutliche bis kräftige Interferenz, immerhin nicht in dem Grade wie aus Gestein II.



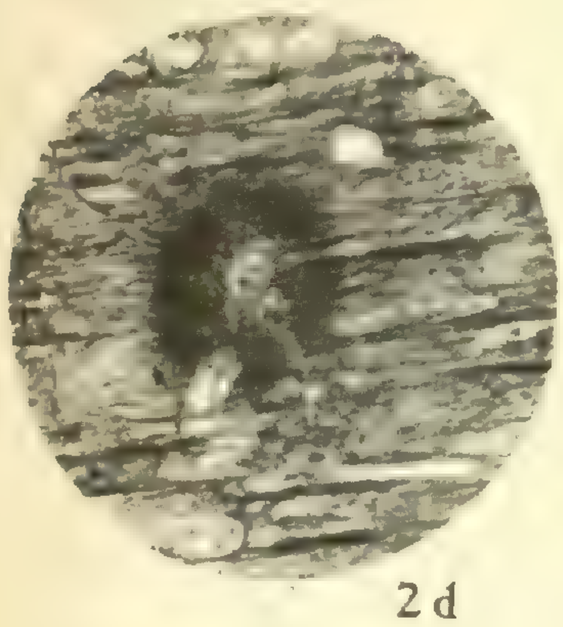
2a



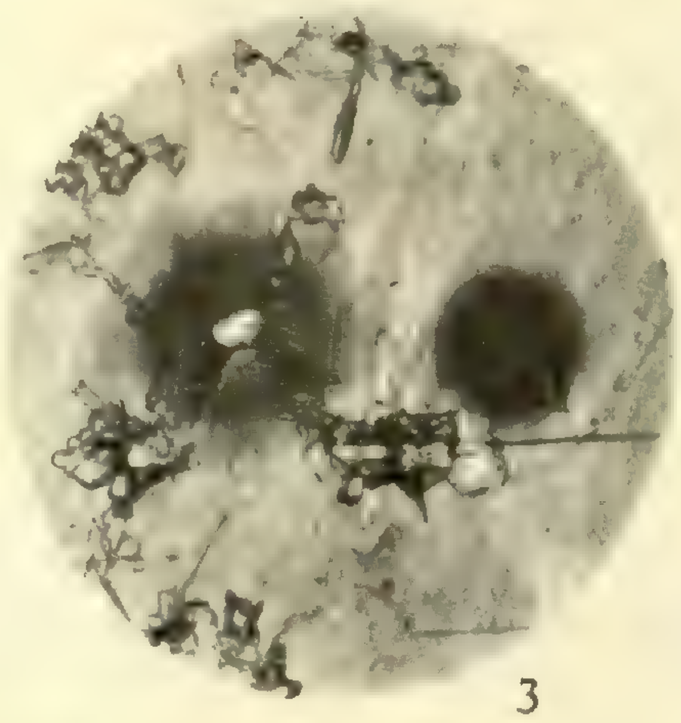
2b



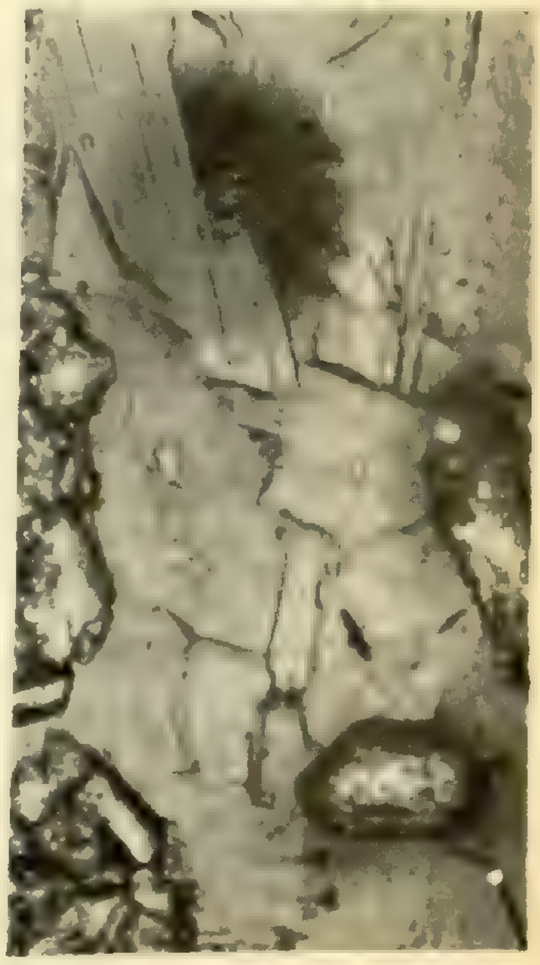
2c



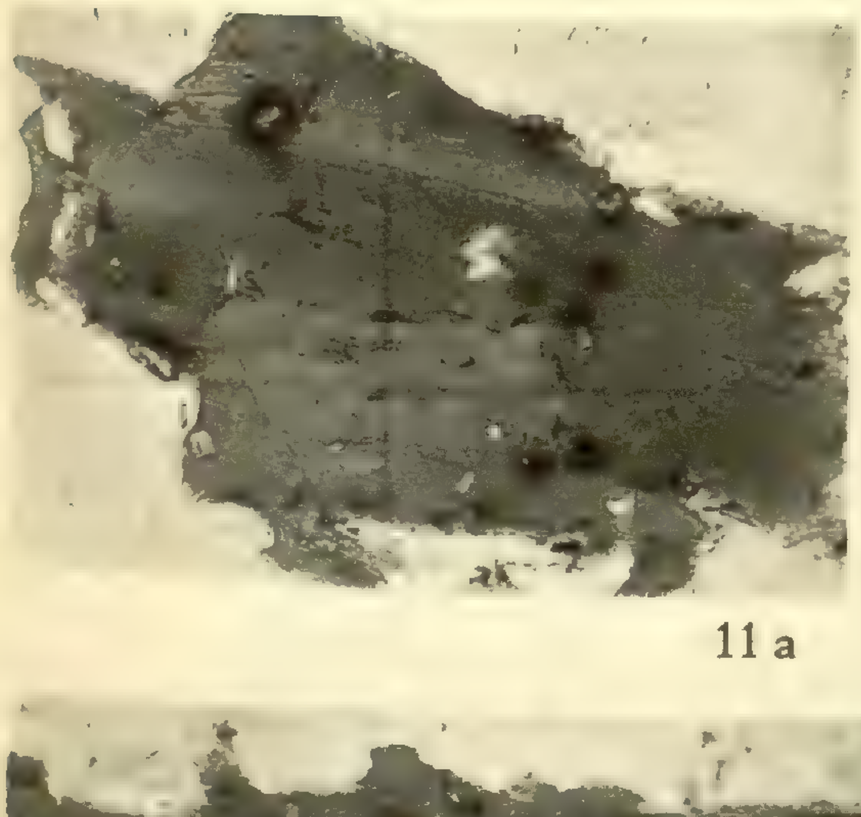
2d



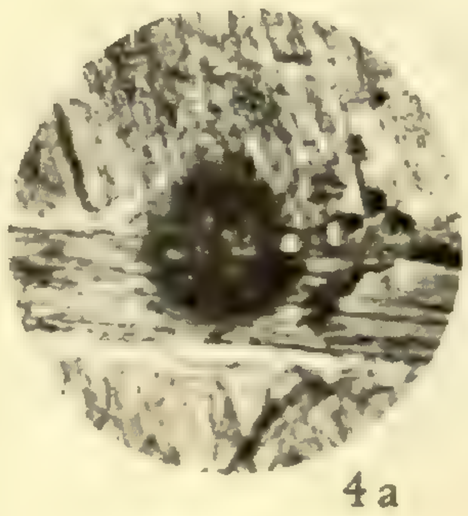
3



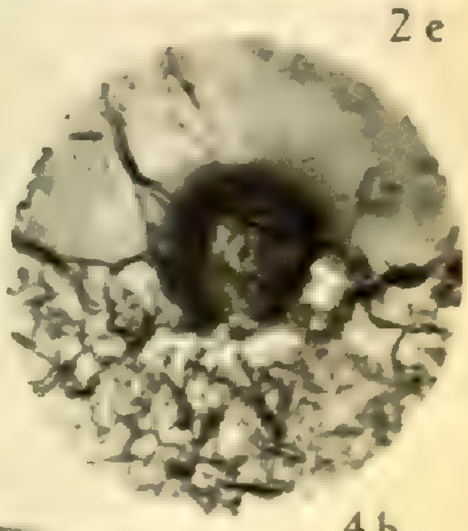
2e



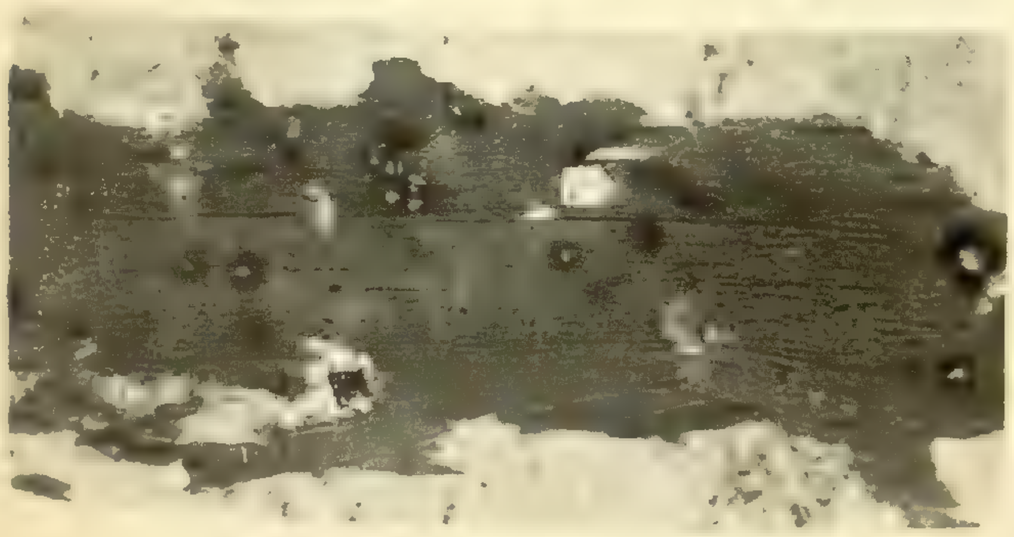
11a



4a

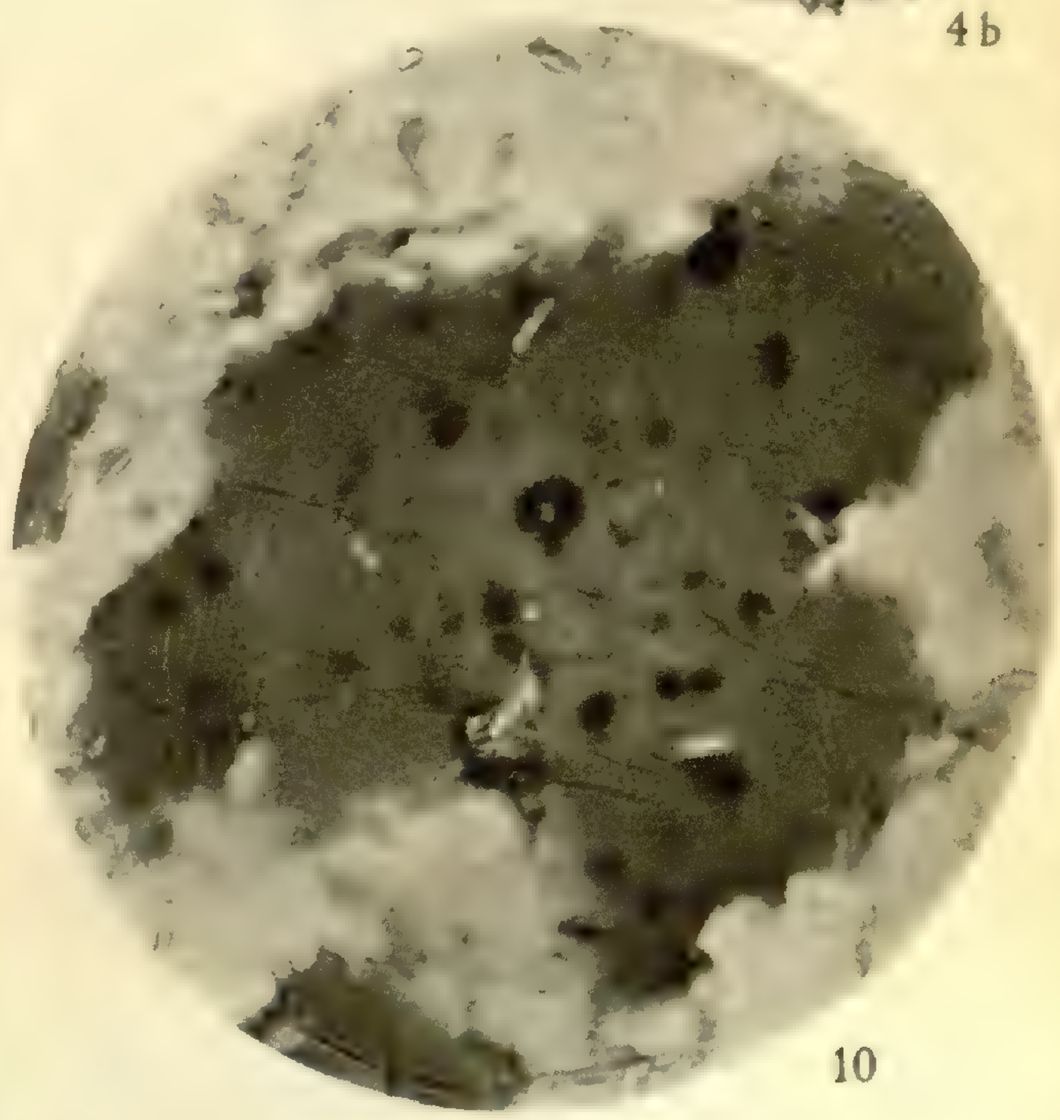


4b



14a

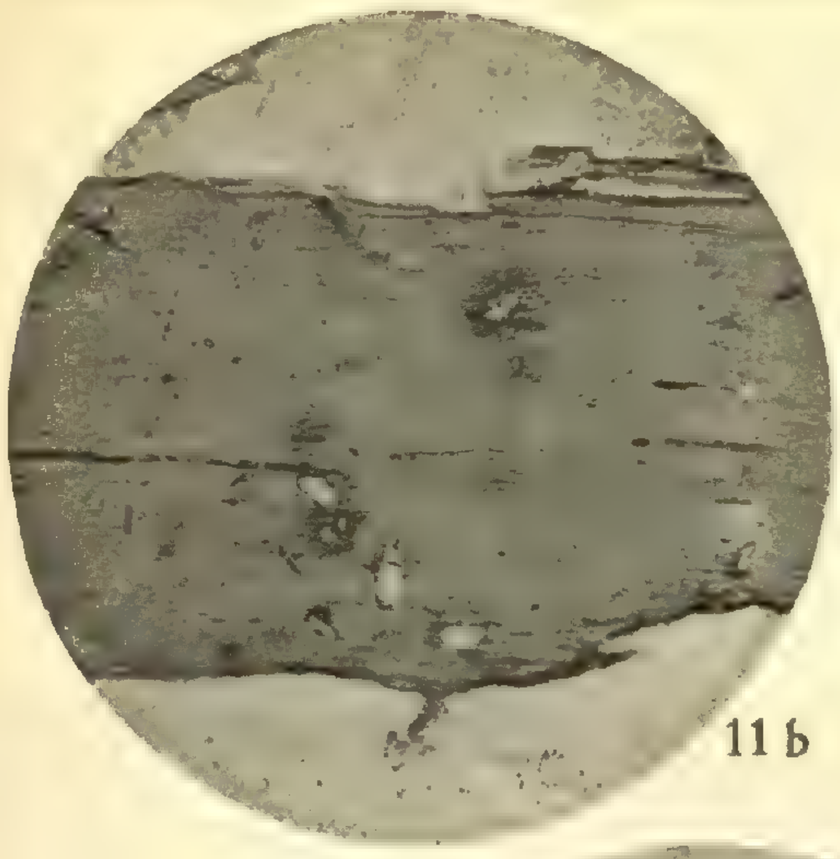
14b



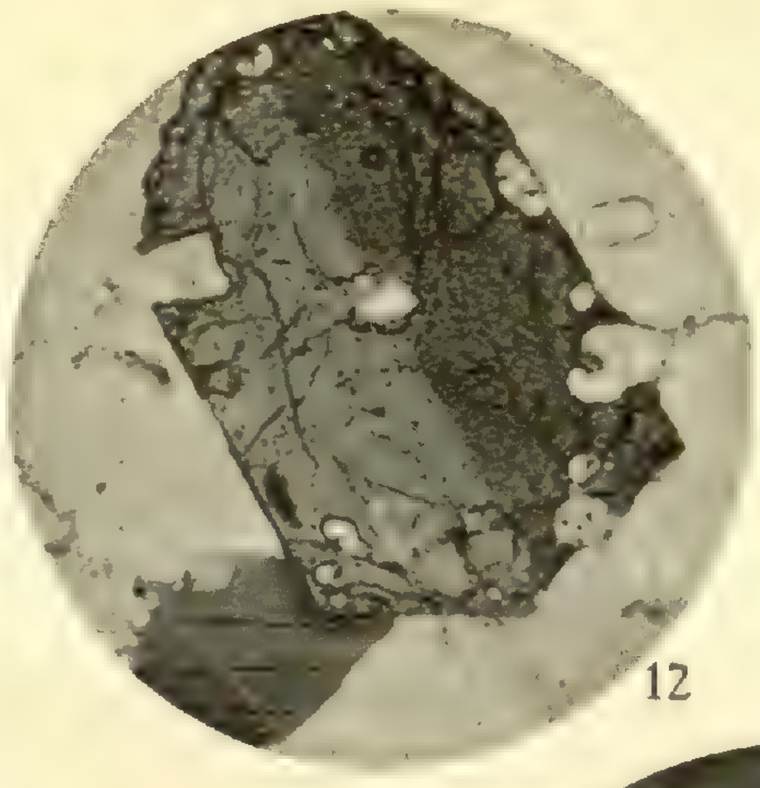
10

POLYGRAPHISCHES INSTITUT A.-G., ZÜRICH.

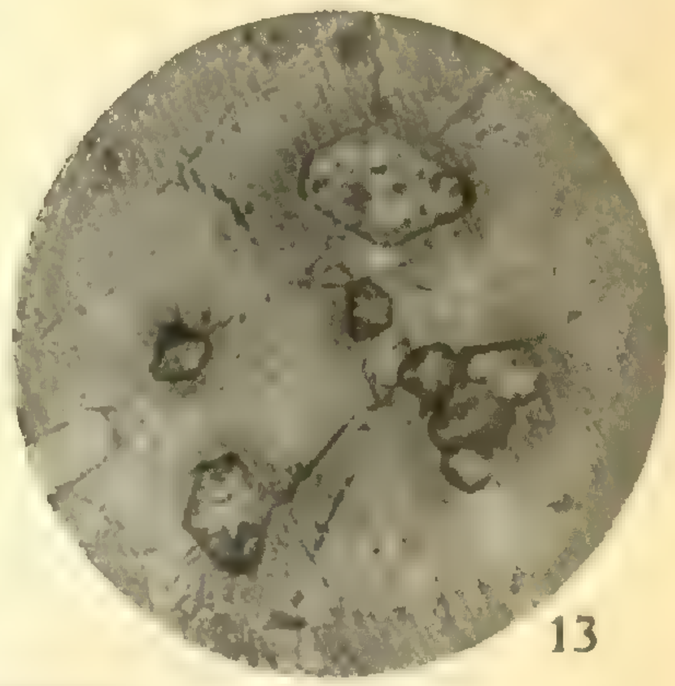
Die feine weisse Linie, welche in 4a den Hof im Biotit umschliesst ist ein Reproduktionsfehler. *Phot. H. Hirschi.*



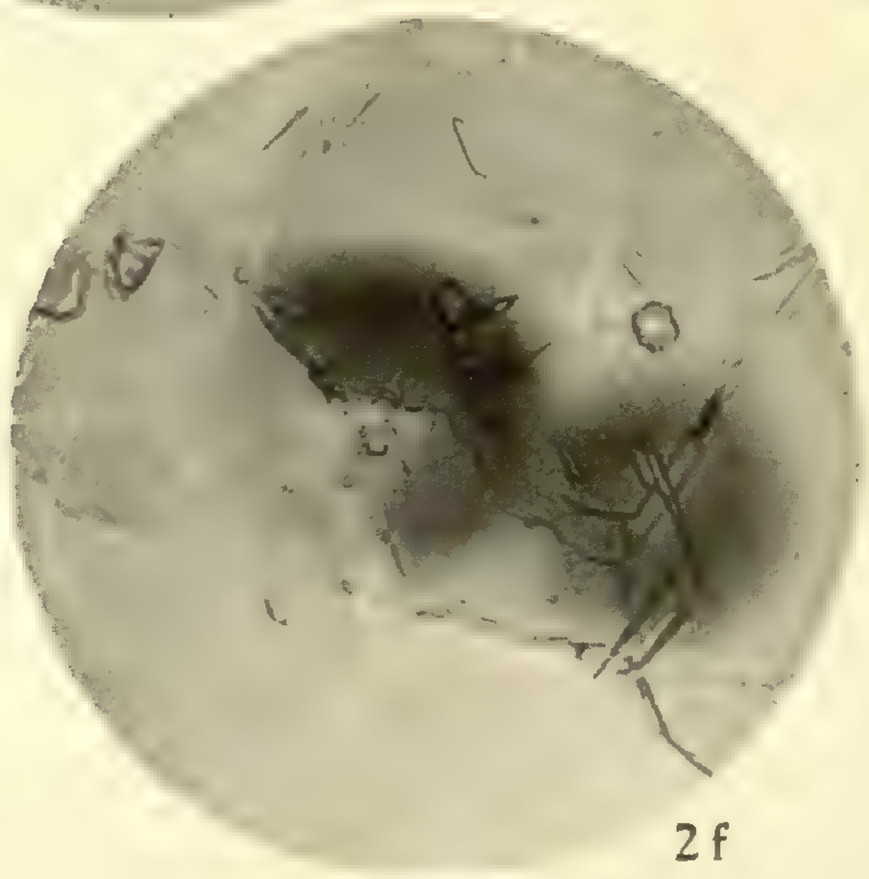
11 b



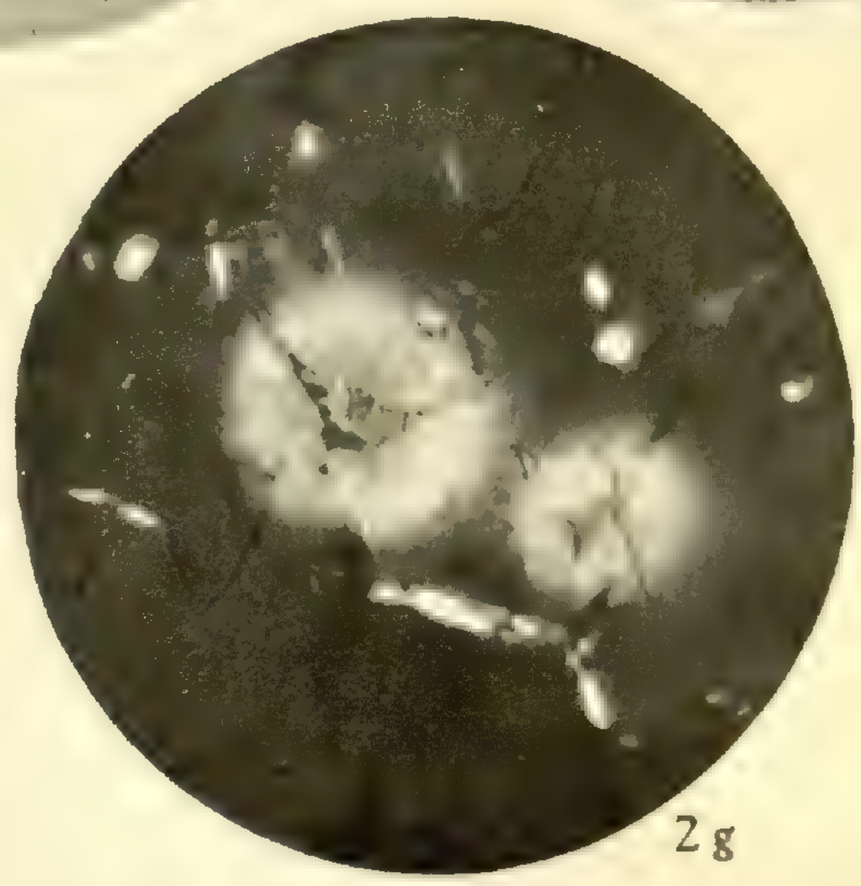
12



13



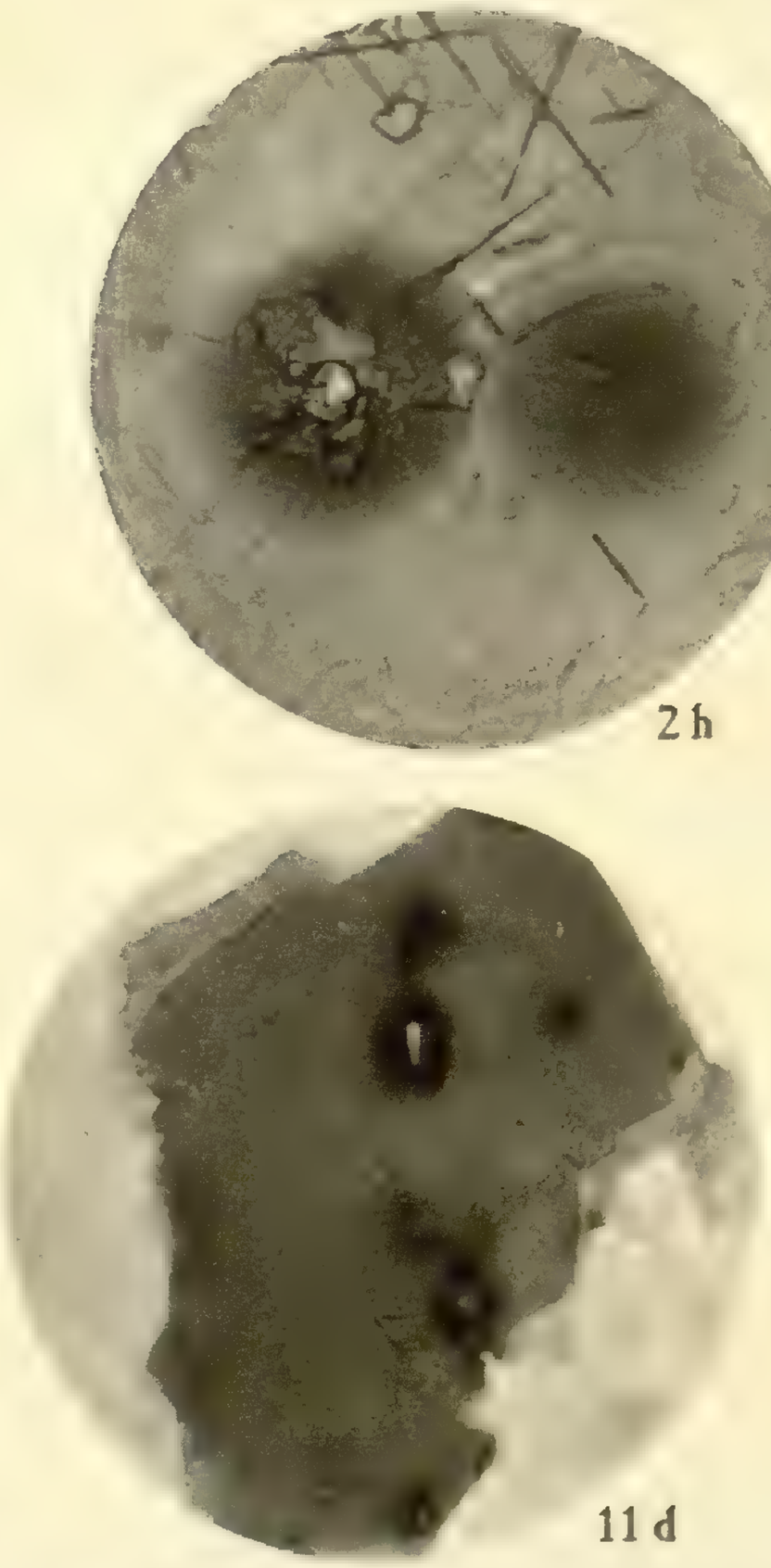
2 f



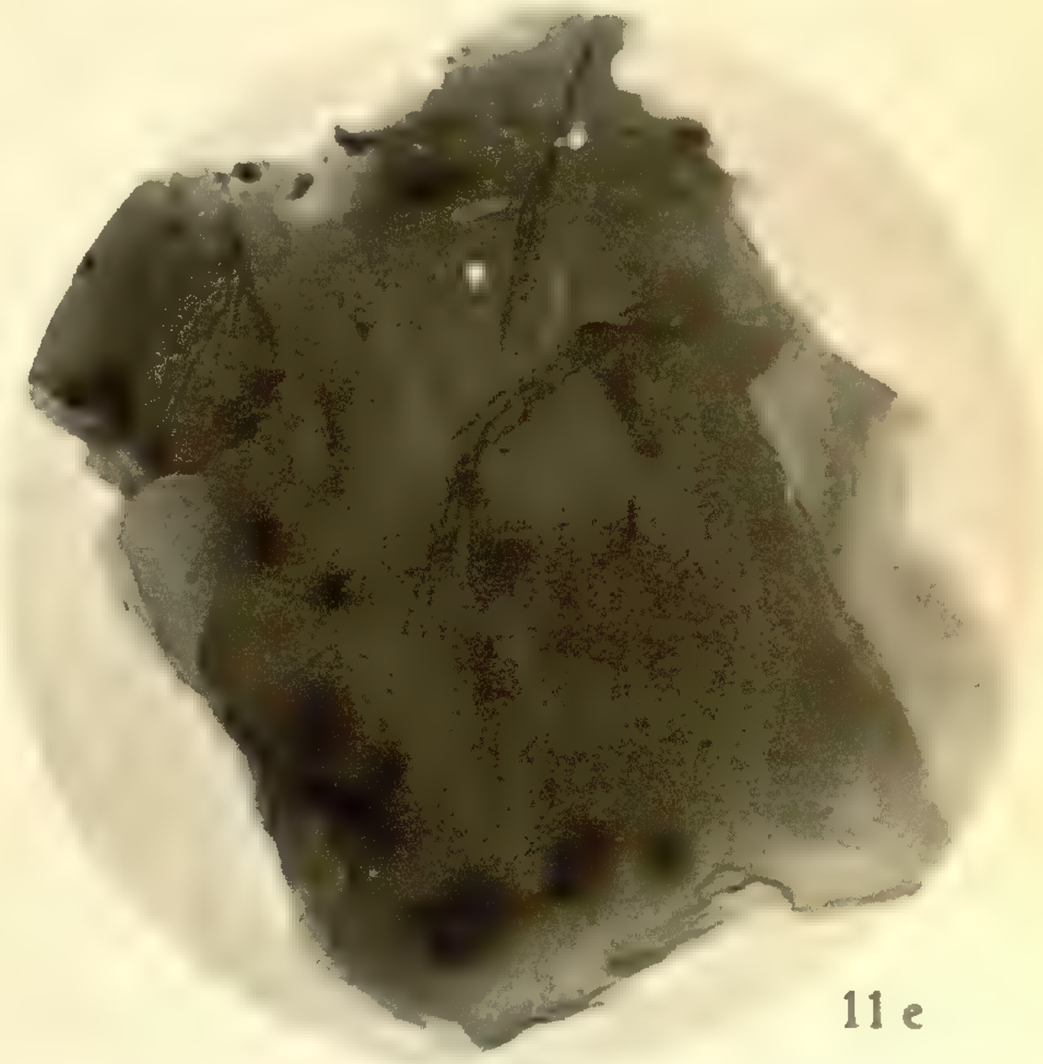
2 g

2 h

11 c



11 d



11 e

POLYGRAPHISCHES INSTITUT A.-G., ZÜRICH

Phot. H. Hirschi.

Inhaltsübersicht.

pag.

Einleitung. 209

Petrographisch-mikroskopische Untersuchungen:

I. Basischer Syenit von ValVal, am Fusse des Giufstöckli, östliches Aaremassiv 210

II. Normaler Kali-Syenit idem 211

III. Normaler Kali-Syenit mit gelben Feldspäten idem 212

IV. Normaler Kali-Syenit vom Val Giuf 212

V. Hauptgranit oberhalb der radioaktiven Quelle im Val Placi bei Disentis . 213

VI. Granit nahe der radioaktiven Quelle im Val Placi bei Disentis . . . 214

VII. Hauptgranit vom Piz Badile, Bergell 214

VIII. Basische Schliere im Haupttypus VII 215

IX. Biotitgranit im Haupttypus VII 216

X. Porphyrartiger, basischer Biotitgranit im Haupttypus VII 216

XI. Granit vom P. Murtaira (P. Mortara) bei Casaccia, Bergell 217

XII. Ganggestein im grobkörnigen Hauptgranit, westlich Cma di Castello, am Albigna-Gletscher, Bergell 218

XIII. Granodiorit, gangförmig im grobkörnigen, porphyrartigen Bergeller-Granit, westlich vom Cma di Castello 219

XIV. Granit vom Cacciabella-Pass, Bergell 220

Allgemeines über Radiohalos (pleochroitische Höfe) 221

Beobachtungen an Radiohalos in den Kali-Syeniten I—IV 223

idem der tertiären Bergeller-Granite 228

idem an den Graniten von Disentis 229

Bemerkungen zu den Tabellen. 229

Nachtrag betreffend eine Arbeit von Hövermann, über pleochroitische Höfe im Biotit, Hornblende und Cordierit etc. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. B. B. XXXIV 230

Tabellen 232

Mikrophotographische Tafeln und Erklärungen dazu 242

Beiträge zur Kenntnis der Pfahlbautenfauna des Neolithikums.

(Die Fauna der Pfahlbauten im Wauwylersee.)

Von

KARL HESCHELER (Zürich).

(Als Manuskript eingegangen am 10. Dezember 1919).

1. Historisches und Literatur.

Als mir die Aufgabe übertragen worden war, die Tierreste der neolithischen Pfahlbauten im Wauwylermoos zu bestimmen, sah ich bald, wie schwierig es ist, auf der Grundlage der vorhandenen Literaturangaben die aus der Untersuchung sich ergebende Tierliste mit dem bereits Bekannten in Einklang zu bringen, und noch mehr trat mir dies vor Augen, als dem hiesigen zoologischen Institute die Verpflichtung erwuchs, das an Umfang viel reichere Tiermaterial der bronzezeitlichen Niederlassung im Pfahlbau Alpenquai in Zürich zu verarbeiten, welche Aufgabe nunmehr mein Freund und Kollege, Prof. Dr. Ernst Wettstein in Zürich, durchführt. Worin diese Schwierigkeiten beruhen, soll im Nachfolgenden zu zeigen versucht werden. So erschien es wünschenswert, diese Literatur, welche zunächst für das Neolithikum und speziell Wauwyl in Betracht fällt, zusammenzustellen und etwas zu sichten. Ich glaube damit kommenden Untersuchungen einen Dienst erweisen zu können.

Zur Zeit, da mit der Entdeckung der Pfahlbauten in den Schweizer-Seen ein neuer Markstein in der Geschichte der Erforschung der prähistorischen Menschheit gesetzt wurde, hat nicht nur das Inventar, das der Mensch jener Zeit an Erzeugnissen seiner Kultur hinterliess, grösstes Interesse beansprucht, sondern auch die Tierwelt, die ihn umgab und deren Zusammensetzung aus den Nahrungsresten hauptsächlich erschlossen werden konnte, wusste in weiteren Kreisen Aufmerksamkeit und Beachtung zu erregen. Das hing nicht am wenigsten damit zusammen, dass die Tierreste der Pfahlbauten einen Bearbeiter erhielten, wie er trefflicher niemals sich hätte finden lassen, Ludwig Rütimeyer, der, als ausgezeichneter Kenner und Interpret der

Geschichte des Wirbeltierskelettes, aus diesen Überresten der Pfahlbautiere herauszulesen wusste, was für alle Zeiten grundlegend bleiben musste. So ist seine „Fauna der Pfahlbauten“ (1861) das klassische Werk für diese Epoche der Tiergeschichte. Es schlossen sich dann in den achtziger Jahren die nicht minder wichtigen Untersuchungen von Th. Studer, speziell über die Pfahlbautenfauna des Bielersees, an, und es folgten hierauf die Untersuchungen C. Kellers zur Geschichte der Haustiere, durch die dieser auf seinem Gebiete bahnbrechende Forscher eine grosse Zahl neuer Gesichtspunkte für die Beurteilung der Zusammensetzung und Herkunft der Fauna der Pfahlbauten beibrachte. Diesen Forschungen reihen sich eine Anzahl weiterer, hauptsächlich von Schülern der Genannten, wie ganz besonders diejenigen von J. U. Duerst, an.

Schon in den ersten Zeiten dieser glücklichen Periode, da man eine neue Welt entdeckt hatte, wurde klar, dass der Zeitabschnitt der Pfahlbauten lange sich erstreckt haben musste, wie denn auch die Notwendigkeit einer Gliederung in Epochen gegeben war. Aber erst allmählich schälte sich heraus die schärfere Abgrenzung der Perioden als neolithische, als Bronze-, mit eventueller Kupferzeit zwischen beiden, der abschliessenden, auf die eigentlichen Pfahlbauten folgenden Eisenzeit. Es hatte sich gleich gezeigt, dass der Bestand an Wildtieren, d. h. Wirbeltieren, speziell Säugetieren und Vögeln, seit den ältesten Pfahlbauzeiten annähernd der gleiche geblieben war, und dass unsere heutige einheimische Fauna, wenn auch etwas verarmt, direkt an diese ältere anschliesst. Der grosse Gegensatz bestand, wie sich seit Entdeckung der Höhlenfunde der paläolithischen Zeit erwies, zwischen dieser paläolithischen und der neolithischen, bis heute andauernden Tierwelt, welch letztere eine ausgesprochene Waldfauna ist, in der die paläolithischen Tundren- und Steppenformen, die nordischen und alpinen Tiere verschwunden sind. Anderseits hatte sich auch gleich herausgestellt, dass von Beginn der Pfahlbauzeit an als wesentlicher Bestand der Tierwelt unserer Gegend neben den Wildformen die Haustiere in Betracht fallen, die im Paläolithikum noch durchaus fehlen, und dass nun im Besondern die Haustiere es sind, welche einen Gradmesser für die fortschreitende Pfahlbaukultur abgeben. So ergab sich der enge Konnex zwischen Haustier- und Pfahlbautenforschung. Da sich diese Zusammenhänge erst allmählich erwiesen und entwickelt haben, ist nun nicht immer eine schärfere Gliederung der Pfahlbauzeit, wie sie heute angenommen wird, bei den Darstellungen zu Grunde gelegt worden, und so findet man namentlich in den zusammenfassenden Werken (wie etwa bei Heierli, Urge-

schichte der Schweiz, Schenk, La Suisse préhistorique, Bölsche. Mensch der Pfahlbauzeit, Göldi, Tierwelt der Schweiz) nur eine, hauptsächlich auf Rütimeyer abstellende, einheitliche Darstellung der gesamten Pfahlbaufauna. Nur schwer lässt sich z. B. ein abgegrenztes Bild der ältesten Pfahlbaufauna aus der Literatur gewinnen. Rütimeyer selbst hat nur in seiner ersten Abhandlung „Untersuchung der Thierreste aus den Pfahlbauten der Schweiz“ (1860) die Fauna nach Fundstellen geordnet, während in dem Hauptwerke von 1861 die Reste nach Tieren beschrieben sind und hier die verschiedenen Perioden nicht schärfer auseinander gehalten werden. Dazu kommt, dass verhältnismässig wenige Pfahlbaustationen einer Periode rein angehören, sondern, was oft auch erst im Laufe der Jahre sich gezeigt hat, durch mehrere hindurch gehen.

Alles das lässt es wünschenswert erscheinen, eine klarere Sichtung des Materiales durchzuführen, wenn sich einmal der Anlass bietet. Hiezu soll nun hier ein erster Anlauf genommen werden, da von einer zeitlich schärfer einzugrenzenden Station Neues zu berichten ist.

Diese Pfahlbaustation ist Wauwyl im Kanton Luzern.

Stellen wir zunächst zusammen, was in der Literatur über diese Fundstelle bekannt ist.

Rütimeyer (1860) berichtet zuerst ausführlich über Moosseedorf bei Bern, eine der ältesten Stationen, rein neolithisch, und entwirft folgendes Bild der damaligen Tierwelt (p. 19):

„Das häufigste Thier war offenbar der Edelhirsch, der in grossen Heerden die umliegende Hügelregion bewohnt haben muss, und mit ihm wetteiferte an Menge fast das Schwein, das als Torfschwein in ganzen Rudeln in Wald und Sumpf hauste und leicht zur Beute fiel, während der wildere und gefährlichere Eber unserer heutigen Race nur seltener vom Menschen angegriffen und jedenfalls mehr gefürchtet wurde, wie die als Trophäe hochgehaltenen (durchbohrten) Eberzähne vermuthen lassen. In weit kleineren Heerden lebte das Reh. Nur selten scheinen der riesige Thur und das Elk, und beide wohl als Gäste oder als vorgeschobene Posten vielleicht aus nördlichern Gegenden sich in spärlicher Zahl in das schon damals vom Menschen ziemlich reichlich bewohnte Thal zwischen Jura und Alpen verloren zu haben. Der Hirsch und das Schwein waren die Herren des Landes; trotzdem, dass sie häufig dem Wurfspeer und den Pfeilen der Seeansiedler zur Beute fielen, vermochte dieser Tribut an den damals nur noch geduldeten Herrn der Schöpfung nicht ihrer reichlichen Ver-

mehrung Schranken zu setzen, denn auch von grösseren Raubthieren waren sie nicht sehr geplagt; nur vereinzelt erschien der schwerfällige Bär, der wohl ebenfalls in der gebirgigern Nachbarschaft seine Hinterhalte hatte; der Wolf war ebenfalls nicht häufig. Nur der Fuchs ging allnächtlich auf kleineren Raub aus und hat mit dem Dachse, der noch hier und da in diesen Gegenden seine Höhle gräbt, diese altgewohnte Heimath noch nicht verlassen. Auch die Fischotter lebt als Zuchtruthe der Fische noch an den Bächen der Gegend. Die kleinere Thierwelt ist ebenso, mit Ausnahme der wilden Katze, dieselbe geblieben bis auf heute, oder hat sich vielmehr im Verhältnis zu den grösseren Thieren vermehrt. Iltise, Marder, Eichhörnchen, Hasen und das kleinere Volk der Nager und Insektenfresser bilden noch das heutige Wild dieser Gegenden, und wie unter ihnen im Wald, so dauert seit damals bis auf den heutigen Tag der kleine Krieg noch fort am Gestade des See's zwischen Otter und Fisch, zwischen Fuchs und Ente und in der Luft zwischen Raubvogel und den seither wohl häufiger gewordenen Schwärmen von Körnerfressern oder den kleinen Insektenfressern des Waldes.

Grösstenteils erstorben ist dagegen das Leben im See, den damals die Schildkröte und, von der Emme her, die Urtenen hinauf der Lachs besuchte, in welchem an geborgenen Orten der Biber, an offnen der Mensch seine Pfähle eingerammt und seine Häuser gebaut hatte; der letztere nicht nur für sich allein; schon damals war ihm der Hund behülflich auf der Jagd und vielleicht auf der Weide; denn kleine Heerden von krummhörnigem Hausvieh theilten schon damals in den Waldwiesen das Gras mit dem Hirsch, und die Ziege, damals wohl nicht nur das Hausthier des Armen, begegnete am Waldrand dem Reh. Das Schaf scheint nicht so reichlich gehegt worden zu sein, dass seine Wolle zur Kleidung des Menschen dienen konnte. Wir müssen uns im Gegenteil ein ärmliches Bild von den Lebensverhältnissen des damaligen Menschen machen. Er lebte gewissermassen als Insulaner mitten in einer reichen, ihm feindlichen Thierwelt. Versah ihn auch sein Hausvieh und der Ertrag der Jagd mit Fleisch, so geschah dies kaum im Ueberfluss, denn es ist ein ganz durchgehendes Merkmal seines Küchenmoders, dass alle Knochen, die Mark oder andern essbaren Inhalt haben, geizig bis auf diesen ärmlichen Inhalt ausgebeutet sind. Sämtliche Markknochen, wie vorzüglich die langen Extremitätenstücke, sind der Länge nach geöffnet; an den Schädelstücken, wo die Kiefer noch die innere Zahnpulpe und das umgebende Zellgewebe erwarten liessen, sind diese ohne Ausnahme mit einer gewissen durch häufige Uebung zur Kunst gewordenen Fertigkeit geöffnet, an jüngern oder kleineren

Thieren, wie am Schwein, durch Oeffnen der Alveolarhöhlen der Backzähne mit schneidenden Instrumenten, ohne den Kiefer zu zertrümmern; an grössern Thieren, wie Kühen, durch Abschlagen des vertikalen Kieferastes und nachträgliche Längsspaltung des Zahnastes, bei noch mehr widerstehenden Knochen durch noch derbere Gewalt. Dass knorplige Knochenenden erst vom Mensch, dann vom Hund, später vielleicht noch vom Fuchs und Marder und in letzter Instanz von der sorgfältigen Maus benagt sind, ist weniger auffallend. Jedenfalls zeigt der Pfahlbau von Moosseedorf eine möglichst erschöpfende Benutzung der Knochen durch den Menschen, denn in der ganzen Sammlung, die über sechs grosse Kisten füllte, fanden sich nur die sogenannten kurzen Knochen, wie Wirbel, Fusswurzelknochen und dergleichen ganz. Ungebrochene lange oder platte Knochen waren grosse Seltenheiten, und von den Hunderten von Skeleten, die ihren Beitrag dazu geliefert, war kein einziger Schädel auch nur zur Hälfte ganz, Umstände, die die Untersuchung keineswegs erleichtert haben.

Die genaue Besprechung der Pfahlreste von Moosseedorf gestattet, die Resultate aus andern Localitäten mit weit grösserer Kürze mitzuteilen."

Rütimeyer schliesst dann an

„Wauwyl im Canton Luzern.

In Bezug auf den Werth der erhaltenen Resultate, sowie auch durch die äusserst sorgfältige Art der Sammlung reihen sich an Moosseedorf die seit viel kürzerer Zeit durch Herrn Oberst R. Suter in Zofingen ausgebeuteten Pfahlreste von Wauwyl im Canton Luzern, deren Mittheilung ich hiermit dem Besitzer auch öffentlich verdanke. *) Ein auffallender und vorteilhafter Charakterzug dieser Sammlung besteht darin, dass sie ganze, unverletzte Schädel und Knochen in weit grösserer Menge enthält als diejenige von Moosseedorf, als ob die Localität von Wauwyl neben „Küchenmoder" auch die Ueberreste von auf natürlichem Weg zu Grunde gegangenen Thieren enthielte, was bei Moosseedorf kaum der Fall war."

Die Liste nennt:

1) Dachs, 2) Steinmarder, 3) Baummarder. Ueber 2) und 3) heisst es: „Von beiden Arten überdies eine sehr grosse Anzahl von ganz erhaltenen Knochen, aus welchen einzelne Skelete fast vollständig zusammengestellt werden könnten. Alle diese Schädel und Knochen fanden sich nach der Mittheilung von Herrn Suter in Einem

*) Von mir gesperrt.

Nest zusammen, im Torf, mit vielen andern ein Beweis, dass das Torfmoor von Wauwyl auch natürliche Grabstätte wilder Thiere war."

4) Iltis, 5) Hermelinwiesel, 6) Haushund. „Wenige Knochen Eines Individuums von Jagdhundgrösse, allein von auffallend recentem Aussehen, weisser Farbe, gänzlich exfoliirt, den auf offnen Aeckern vermoderten Knochen ähnlich. Dazu indess ein einziger brauner, doch ebenfalls weniger als die übrigen Knochen von Torfwasser imprägnirter unterer Schenkelgelenkkopf von Haushund-ähnlicher Grösse, so dass die Anwesenheit des Hundes in Wauwyl noch fernerer Bestätigung, die kaum ausbleiben wird, bedarf."

7) Wolf, 8) Fuchs, 9) wilde Katze, 10) Biber, 11) Eichhorn, 12) Schwein. „In reicher Menge, und vorzugsweise ganz alt und als Spanferkel das Torfschwein. Dazu seltene Reste von unserm Wildschwein. Endlich ein rechter Unterkieferast, der mit Sicherheit unserm heutigen Hausschwein, *Sus Scrofa domesticus,* zugeschrieben werden kann; es trägt dies Stück indess ebenfalls wie die Knochen des Haushundes so recentes Aussehen in Farbe etc., dass wieder der Verdacht späterer zufälliger Beifügung sich aufdrängt, und die Cultur unsers Zuchtschweins durch die Pfahlbewohner von Wauwyl keineswegs bewiesen ist."

13) Pferd. „Ein Oberschenkel und ein Oberarm nebst einigen Zähnen, die nach Alter und Grösse sehr wahrscheinlich einem und demselben Thier und zwar einem etwa 3jährigen Pferd von sehr bedeutender Grösse zugehörten. Auch diese Knochen erregen Verdacht in Bezug auf ihr wirkliches Pfahlalter. Weniger zweifelhaft für die damalige Pferdezucht ist eine Nagelphalanx eines kleinen Pferdes, die gänzlich das Aussehen der übrigen Torfknochen hat."

14) Edelhirsch, 15) Reh, 16) Elenthier, 17) Ziege, 18) Schaf, 19) Hauskuh, alles von der Torfkuh.

20) Wisent. „Als ob die Sammlung von Wauwyl in allen Stücken derjenigen von Moosseedorf ebenbürtig sein sollte, ist daselbst auch eine mächtige wilde Ochsenart von ähnlichem Interesse vertreten wie der Ur von Moosseedorf, nemlich der noch heute in Litthauen gepflegte und im Kaukasus noch einheimische Auerochs oder Wisent."

21) Taubenhabicht, 22) wilde Ente, 23) grüner Frosch, 24) Hecht.

*) „Abgesehen von dem Wisent, der hier als Ersatzochs für den Ur auftritt, und von dem Elen, das durch ein so werthvolles Fossil vertreten ist, stimmt demnach die Fauna von Wauwyl in allen wesentlichen Zügen mit derjenigen von

*) Von mir gesperrt.

Moosseedorf genau überein, sowohl in Bezug auf Thierspecies, als hinsichtlich der relativen Vertretung derselben. Hirsch und Torfschwein bilden den Hauptcharakter der wilden, die Torfkuh denjenigen der zahmen Fauna. Das Auftreten des Wolfes, des Iltis, des Hermelins, selbst das Fehlen des Bärs sind unwesentliche Modificationen des im Uebrigen fast identischen Bildes, das wir uns von der Thierwelt der Seen von Moosseedorf und Wauwyl machen müssen.

Wichtig ist der definitive Beweis der Anwesenheit des Schafes, und überdies erhebt sich die Frage, ob nicht die Anwesenheit des Pferdes (in der kleinen Nagelphalanx) auf ein jüngeres Alter oder wenigstens auf eine spätere Fortdauer der Ansiedelung von Wauwyl hindeutet, selbst im Falle, dass man, wofür Motive vorlägen, die Reste von grossem Pferd und von unserm Hausschwein als weit spätere zufällige Beifügsel zu betrachten hätte.

Wir dürfen aus Wauwyl noch mancherlei Neues erwarten, wodurch auch diese Frage sich vielleicht lösen wird."

Eine Übersichtstabelle (pag. 32) stellt von den beschriebenen Stationen die Tierreste nach ihrer Häufigkeit zusammen.

Über Wauwyl entnehmen wir daraus:

1) *Ursus arctos*	—	22) *Cervus dama*	—
2) *Meles vulgaris*	x 2	23) *Capra ibex*	—
3) *Mustela foina*	x 3	24) *Capra hircus*	x 2
4) *Mustela martes*	x 3	25) *Ovis aries*	x 1
5) *Mustela putorius*	x 2	26) *Bos primigenius*	—
6) *Mustela erminea*	x 2	27) *Bos bison*	x 1
7) *Lutra vulgaris*	—	28) *Bos taurus domesticus*	x 5
8) *Canis lupus*	x 1	29) *Falco milvus*	—
9) *Canis vulpes*	x 3	30) *Falco palumbarius*	x 1
10) *Canis familiaris*	x 2	31) *Falco nisus*	—
11) *Felis catus*	x 2	32) *Columba palumbus*	—
12) *Erinaceus europaeus*	—	33) *Anas boschas*	x 1
13) *Castor fiber*	x 2	34) *Anas querquedula*	—
14) *Sciurus europaeus*	x 2	35) *Ardea cinerea*	—
15) *Sus scrofa palustris*	x 5	36) *Cistudo europaea*	—
16) *Sus scrofa ferus*	x 2	37) *Rana esculenta*	x 2
17) *Sus scrofa domesticus*	? 1	38) *Salmo salar*	—
18) *Equus caballus*	x 2	39) *Esox lucius*	x 2
19) *Cervus alces*	x 1	40) *Cyprinus carpio*	—
20) *Cervus elaphus*	x 5	41) *Cyprinus leuciscus*	—
21) *Cervus capreolus*	x 2		

Ein x bedeutet die Anwesenheit einer Tierart, 1 bedeutet ein einziges Individuum, 2 mehrere Individuen, 3 häufig, 4 sehr häufig, 5 sehr reichlich.

Die beschriebenen Stationen werden nach ihrem Alter in folgender Reihenfolge gruppiert von der ältesten zur jüngsten (pag. 34):

„Erstlich Moosseedorf.

Zweitens, etwas tiefer hinabreichend, Wauwyl, Robenhausen, Wangen, Meilen.

Drittens die Seen der westlichen Schweiz".

In dem Hauptwerke: „Die Fauna der Pfahlbauten in der Schweiz" (1861) berichtet Rütimeyer, dass wohl die Liste der Tierspezies sich gegenüber der früheren (oben gegebenen) um mehr als die Hälfte vermehrt habe, die Zahl der Arten beträgt jetzt 66, „allein die allgemeinen Schlussfolgerungen und das Gesamtbild, das sich für den Zustand und die Physiognomie der damaligen Fauna aus jenen ersten Mitteilungen ergab, blieb das gleiche."

In ausführlicheren Darlegungen über die relative Häufigkeit der einzelnen Arten wird sodann für Moosseedorf, das ein Typus der ältesten Stationen ist, und dem Wauwyl sehr nahe steht, von den häufiger vorkommenden Resten folgende relative Verteilung festgestellt:

Hund	3
Fuchs	4
Biber	6
Reh	8
Ziege und Schaf	10
Kuh	16
Schwein	20
Hirsch	20

Alle andern Arten sind in geringer Menge vertreten.

Nochmals wird bemerkt, dass „nur an wenigen Stellen, namentlich in Robenhausen und Wauwyl, sich Punkte fanden, wo Knochen wilder Thiere offenbar seit deren Tod unberührt geblieben sind. Anderwärts sind die Knochen überall Tischabfall des Menschen und nachträglich mehr oder weniger allgemein technisch verwendet."

Heben wir noch die Angaben hervor, dass in den älteren Pfahlbauten die Ziege reichlicher vertreten ist als das Schaf, in den jüngeren umgekehrt, dass *Bos primigenius* nun auch in Wauwyl in mehreren Exemplaren nachgewiesen ist neben dem Wisent, von dem früher schon ein Individuum erwähnt wurde. Vom Edelhirsch, der ja neben Kuh und Schwein das häufigste Tier ist, sind „Schädelstücke in allen Sammlungen auffallend spärlich." „(wurden sie verbrannt oder geopfert?)"

„Die procentische Summe der in Moosseedorf verspeisten wilden

Thiere übertrifft diejenige der zahmen, da das Schwein nach unten auseinanderzusetzenden Gründen in Moosseedorf — wenn je — so immerhin nur zum kleinsten Theil als Hausthier zu betrachten ist.“ [1])

In dem Hauptteil der Abhandlung werden die einzelnen Arten nacheinander behandelt, zuerst die wilden Tiere. Uns interessiert etwa folgendes:

1. Bär, *Ursus arctos.* Wird auch hier von Wauwyl nicht erwähnt. „Die Mehrzahl der in den Pfahlbauten aufgefundenen Ueberreste besteht zwar in Eckzähnen, deren vortreffliche Erhaltung und Politur von dem Werth zeugt, den der Mensch damals auf ihren Besitz legte, und somit nichts für den Aufenthalt dieses Tieres in der näheren Umgebung der Pfahlbauten beweist. Moosseedorf und Meilen enthielten auch keine andern Reste vom Bär, als solche Zähne.“

2. Dachs, *Meles vulgaris.* In allen Pfahlbauten bekannt.

3. Steinmarder, *Mustela foina.* „Besonders häufig in Wauwyl, wo ganze Nester unverletzter Knochen jeden Alters, ohne Zweifel der Inhalt der wirklichen Nester, beisammenlagen.“

4. Baummarder, *Mustela martes.* In Wauwyl ebenso häufig.

5. Iltis, *Mustela putorius.* „Auch der Iltis war in der Sammlung von Wauwyl häufiger als in irgend einer andern, doch überall etwas spärlicher, als die beiden Marder.“

6. Hermelin, *Mustela erminea.* Auch in Wauwyl nachgewiesen.

7. Fischotter, *Lutra vulgaris.* In Wauwyl nicht nachgewiesen, von Moosseedorf und Robenhausen erwähnt.

8. Wolf, *Canis lupus.* Aus Wauwyl Knochen von einem „nahezu vollständigen, ganz ausgewachsenen Skelet eines Wolfes von sehr ansehnlicher Grösse. Sämmtliche Knochen waren so unverletzt, dass man annehmen muss, dass auch dieses Thier von den Pfahlbauern vielleicht zwar erlegt wurde, aber jedenfalls nicht unter ihre Zähne kam, die immer sehr deutliche Spuren hinterliessen.“

9. Fuchs, *Canis vulpes.* Allgemein verbreitet in den Pfahlbauten der älteren Periode. „Während er in allen Pfahlbauten des Steinalters reichlich ist,“ . . . „fand ich ihn noch in keinem Pfahlbau der Bronzeperiode.“
Durchweg zierlicher und kleiner als heute.

10. Wildkatze, *Felis catus.* Selten, aber auch in Wauwyl.

11. Igel, *Erinaceus europaeus.* Auch in Wauwyl.

12. Eichhorn, *Sciurus vulgaris.* In Wauwyl nachgewiesen.

---

[1]) Letzteres ist heute zu korrigieren, dagegen erscheint bleibend richtig, dass in den älteren Pfahlbauten wilde Tiere relativ häufig sind, domestizierte haben an Zahl und an Anzahl der Varietäten im Laufe der Zeit zugenommen. K. H.

13. Waldmaus, *Mus sylvaticus*. Nicht in Wauwyl. Selten, wahrscheinlich Hausmaus und Ratte damals noch fehlend.

14. Hase, *Lepus timidus*. Eine einzige Spur, ein gebrochenes Stück eines Schienbeines, von Moosseedorf. „Die Bewohner des Steinalters, sehr verschieden von uns, assen zwar den Fuchs, vermieden aber den Hasen."

15. Biber, *Castor fiber*. Auch in Wauwyl. „In den Pfahlbauten des Steinalters finden wir ihn indessen unter den häufigeren Thieren, und zwar oft von enormer Grösse."

16. Wildschwein, *Sus scrofa*. Die ersten Ansichten Rütimeyers über das Verhältnis der Rassen und Unterarten der Gattung Sus in wildem und domestiziertem Zustande zur Zeit der Pfahlbauten sind diejenigen, die am meisten in bestimmten Punkten der Korrektur bedurften und von ihm auch selbst im Laufe der Jahre geändert worden sind. In den ersten Abhandlungen „veranlassten ihn die Unterschiede in der Skeletbildung und im Gebiss zu der Aufstellung von wenigstens 3 Varietäten": Torfschwein, *Sus scrofa palustris*, Wildschwein, *Sus scrofa ferus*, und Hausschwein, *Sus scrofa domesticus*, „welche sämmtlich unter die Linné'sche Species Sus scrofa subsummirt wurden."

„Ich halte das Torfschwein für eine Race, welche im Steinalter neben dem Wildschwein in Europa wild lebte, allein schon vor der historischen Periode als wildes Thier erlosch; dies wurde auch schon in der frühern Arbeit ausgesprochen; die seither dazu gekommenen reichen Materialien, namentlich aus späteren Perioden, gaben mir indess den Beleg zu der schon früher offen gehaltenen Perspektive, dass das Torfschwein, ursprünglich als solches wild, im Verlauf der Zeit ähnlich wie das gewöhnliche Wildschwein Ausgangspunkt wurde für zahme Racen. Einige derselben, die heute noch nicht fern vom Schauplatz der Pfahlbauten sich erhalten haben, können mit vieler Wahrscheinlichkeit bis auf das Torfschwein zurück verfolgt werden, andere auf das gewöhnliche Wildschwein. Zur Vermeidung von Wiederholungen nenne ich die bisher allein bekannte noch lebende Form von Wildschwein einfach Wildschwein, seine zahmen Descendenten Hausschwein, die eigenthümliche Race der Pfahlbauten wildes und zahmes Torfschwein."

Auch hierin hat sich wiederum der weitausschauende und auf Grundlage seiner Skelettkenntnisse so sichere Blick Rütimeyers bewährt, dass er Wildschwein und Torfschwein als verschiedener Quelle entsprungen trennte. Was korrigiert worden ist, ist dagegen die Annahme einer wilden Rasse des Torfschweins in den schweizerischen Pfahlbauten. Heute ist die Auffassung allgemein, dass das Torfschwein

als bereits domestiziertes Tier von der Pfahlbaubevölkerung bei ihrer Einwanderung mitgebracht wurde.

Die speziellen Merkmale des Wildschweinskelettes werden hervorgehoben und gesagt, dass Robenhausen, dann Concise und Moosseedorf am reichlichsten Material enthielt. Von Wauwyl ist nichts Spezielles vermerkt. Vom Torfschwein werden die besonderen, im Skelett sich zeigenden Rassenmerkmale ausführlich beschrieben und gezeigt, dass dieses Torfschwein weder bloss das weibliche Geschlecht des Wildschweins darstellt, noch ein Mischungsprodukt zwischen Wildschwein und Hausschwein ist.

„Gewichtiger und von grosser Tragweite ist indess die Frage, ob das Torfschwein wildes oder Hausthier war, oder ob es, wie das Wildschwein in beiden Zuständen auftritt." Die Antwort ist nach reiflicher Überlegung und Argumentation: „Ich muss daher noch heute das Torfschwein des Steinalters als wildes Tier betrachten."

„Da keinerlei Belege dafür vorliegen, dass das Torfschwein noch heute als wildes Thier fortexistiere, so geht aus den bisherigen Erfahrungen hervor, dass das Torfschwein als wildes Thier vor der historischen Periode erlosch, dagegen in zahmen Racen sich bis auf den heutigen Tag forterhalten hat."

Schon jetzt erfolgt der wichtige Hinweis, dass wohl dieses Torfschwein seine Urheimat im östlichen Asien gehabt haben möchte.

17. Edelhirsch, *Cervus elaphus*. „In den Pfahlbauten bildet Edelwild nebst Schwarzwild und zahmem Rindvieh den reichlichsten Betrag der Knochenanhäufungen, so zwar, dass der Hirsch in den Lokalitäten des Steinalters jedes andere Thier an Reichtum der Vertretung übertrifft, allein in der Bronzeperiode allmälig abnimmt in Folge des Zuwachses der Hausthiere." Wiederum wird die bedeutende Grösse der Tiere hervorgehoben, die oft die Höhe ansehnlicher Pferde übertraf. „Es ergibt sich, . . . dass der Hirsch der Pfahlbauten fast in allen Dimensionen des Skeletes diejenigen des recenten Skeletes um ein gutes Drittheil übertraf."

18. Reh, *Cervus capreolus*. Nichts weiter, das Wauwyl betrifft.

19. Damhirsch, *Cervus dama*. Reste etwas zweifelhaft, vom Bielersee, von Meilen.

20. Elentier, *Cervus alces*. Fast in allen Pfahlbauten des Steinalters nachgewiesen; von Wauwyl ein vollständiger, unverletzter Schädel eines erwachsenen Tieres und weitere Reste.

Rütimeyer bedauert das Fehlen genauerer Notizen und Abbildungen über das Skelett dieses Tieres in der Literatur. Nach der Beschreibung einiger Stücke, hauptsächlich Wirbel, heisst es: „Eine

Anzahl von Fragmenten von Extremitätenknochen, sowie verschiedene Fusswurzelknochen und Phalangen, welche mit dem allgemeinen Typus von Hirschknochen eine Grösse wie bei der Kuh verbanden, glaubte ich ebenfalls dem Elenthier zuschreiben zu können. Da indess eine bestimmte Entscheidung ohne direkte Vergleichung mit dem recenten Thier nicht möglich war, so enthalte ich mich genauerer Angaben über dieselben."

21. Steinbock, *Capra ibex.* Einziger Nachweis: ein mächtiger Hornzapfen, 1854 in Obermeilen gefunden.

22. Gemse, *Antilope rupicapra.* Auch nur ein Knochenstück mit Hornzapfen aus Robenhausen.

23. Wisent, *Bos bison.* Zuerst von Wauwyl bekannt geworden, später besonders reichlich von Robenhausen.

24. Ur, *Bos primigenius.* Zuerst nur von Moosseedorf und Robenhausen, dann auch von Wauwyl und Concise bekannt. In Robenhausen und Wauwyl sind beide Tiere ungefähr gleich stark vertreten.

„Der Ur erscheint, also in noch höherem Maasse als der Bison, als ein in der Periode des Steinalters über die ganze Schweiz verbreitetes und häufiges Wild."

In der Liste der 18 aufgezählten Vogelarten werden aus Wauwyl vermerkt:

Taubenhabicht, *Falco palumbarius.*
Wildente, *Anas boschas.*

Von Amphibien und Fischen:

Grüner Frosch, *Rana esculenta.*
Hecht, *Esox lucius.*

Die Haustiere.

Der Hund. „Er fand sich allmälig in jedem Pfahlbau des Steinalters vor, allein nirgends in grosser Menge." Er war nicht Nahrungstier.

„Das wichtigste, und in der That ein überraschendes Resultat, welches die Vergleichung der Hundeschädel und Hundeknochen aus Moosseedorf, Wauwyl, Robenhausen, Wangen, Meilen, Concise, Steinberg, Inkwyl, also aus sämmtlichen Lokalitäten, welche dem Steinalter angehören oder doch bis ins Steinalter hinaufreichen, herausgestellt hat und welches bis jetzt nicht die geringste Ausnahme erlitten hat, besteht in der Tatsache, dass im Steinalter der Schweiz eine einzige und bis auf die kleinsten Details konstante Race vom Haushund existirt."

Diese Hunderasse wird später *Canis familiaris palustris*, Torfhund, genannt.

Das Schwein. Rütimeyer ist der Ansicht, dass in Wangen und Moosseedorf kein zahmes Schwein vorkam, da ja nach ihm das Torfschwein anfangs nur wildes Tier war. „Wauwyl enthielt ausser einigen jugendlichen und daher nicht spruchfähigen Unterkiefern des Torfschweins von zahmem Gepräge zwei erwachsene Mandibelstücke männlicher Thiere mit etwas grösseren Caninen, höherer und längerer Symphyse als beim Torfschwein, allein die Backzähne, obschon dem Typus des Torfschweins folgend, schwächer und mit mancherlei Charakteren der Zähmung versehen, Fossilien, deren Anblick neben dem gut charakterisirten Torfschwein den Gedanken an eine Kreuzung des letztern mit einer stärker bewaffneten Race aufdrängte."

Ähnliches liessen die Funde aus Robenhausen vermuten, und die Reste aus den Pfahlbauten, die in spätere Zeiten als das Steinalter hinausragen, sprechen in demselben Sinne.

Das Hausschwein, als domestizierte Rasse des Wildschweins, tritt erst verhältnismässig spät, wahrscheinlich nach der Steinzeit auf.

Siehe im übrigen das unter wilden Tieren, Sus scrofa, Vermerkte.

Das Pferd. „Es ist auffallend, dass Knochen des Pferdes zwar in allen Pfahlbauten vorzukommen scheinen, allein allerorts so selten, dass man glauben sollte, es seien dieselben nur zufällig hinzugekommen."

Von Moosseedorf, von Wangen, von Robenhausen (hier unter vielen Zentnern von Knochen) nur je ein Pferdeknochen! „Etwas häufiger waren Pferdereste in Wauwyl, wo eine Reihe von Zähnen und einige Knochen, von freilich sehr recentem Aussehen, die Anwesenheit eines sehr grossen Pferdes, eine einzige kleine Nagelphalanx von der Färbung der übrigen Torfknochen die Gegenwart eines sehr kleinen Pferdes bezeugten; seltener waren Zähne, welche ihrer Grösse nach einem grossen Esel zugeschrieben werden müssten; doch wage ich nicht, auf zwei Schneidezähne (Incis. sup. 2. 3.) die Behauptung der Vertretung des Esels im Steinalter zu stützen."

Meilen und Concise mit einigen Pferderesten. „Sie nehmen dagegen rasch zu in allen spätern Pfahlbauten. Die Sammlungen des Herrn Oberst Schwab aus den westlichen Seen enthielten das Pferd in Menge."

Das Pferd fehlte den ältern Pfahlbauten des Steinalters und ist auch in den spätern Ansiedelungen derselben Periode nur äusserst spärlich vorhanden, „so sehr, dass die Vermuthung mir nahe zu liegen scheint, dass auch das Wenige, was sich an Pferderesten in Roben-

hausen, Wauwyl etc. vorfand, von aussen her, vielleicht als Beute in den Bereich der Pfahlbauten gelangt sein mochte."

Die Ziege. Verbreitet, auch in Wauwyl. Die Rasse wich von der heute in der Schweiz gewöhnlichen nicht im geringsten ab. „In den ältern Pfahlbauten (Moosseedorf) überwiegt die Ziege das Schaf an Menge in unverkennbarem Grade, nach den neuern hin (Concise etc.) kehrt sich das Verhältnis um."

Das Schaf. Dürfte schon in mehreren Rassen frühzeitig aufgetreten sein; vor allem sind vertreten ziegenhörnige Schafe. War von kleiner Statur mit sehr dünnen, schlanken und dabei ziemlich hohen Extremitäten. Hörner von anderer Form, nicht ziegenartig, sondern den gewöhnlichen Schaftypus aufweisend, „waren in den Pfahlbauten grosse Seltenheiten." „Ein Horn derart, mit auffallend stumpfer Spitze, schwacher Biegung nach hinten und fast bis zur Spitze sich gleichbleibender Breite lieferte Wauwyl. Andere Hörner von derselben Stelle" waren aber ziegenartig.

Das Rind. „Die grosse Zerstückelung der Pfahlreste vom Rind erschwert genaue Angaben über seine Grösse, denn nur um diese kann es sich hier handeln, bedeutend. Sie hinderte indessen nicht die Wahrnehmung, dass schon die Bevölkerung des Steinalters Viehracen von sehr verschiedener Grösse besass, wovon die einen unseren kleinsten heutigen Schlägen gleichkamen, die andern hinter unserem grössten einheimischen Rindvieh nicht im geringsten zurückblieben.

Ebenso ergab sich, dass die verschiedenen Schläge des Steinalters keineswegs scharfe lokale Vertheilung hatten, sondern dass Vieh verschiedener Grösse in jeder Lokalität beisammen lebte; dennoch war eine gewisse sehr wahrscheinlich historische Gruppirung unverkennbar und von grossem Interesse.

Die Race, welche durch das ganze Steinalter offenbar weit vorherrscht und in den Lokalitäten, die wir auch aus andern Gründen zu den ältesten zählen, in Wangen und Moosseedorf fast — doch nicht ganz ausschliesslich sich vorfand, kann ich, wie schon in den ‚Untersuchungen' geschehen ist, füglich die Torfrace oder die Torfkuh nennen."

„Die Torfkuh ist die vorherrschende Viehrace in Wangen, Moosseedorf, Wauwyl und Steinberg. An allen diesen Orten sind Spuren grösseren Rindviehes selten." Concise, Meilen, Robenhausen zeigen daneben sehr grosse Viehschläge.

Es werden unterschieden

1. Trochoceros-Race.

In den spätern Pfahlbauten des Steinalters, und „zwar bis jetzt ausschliesslich am See von Neuchâtel“ vertreten.

2. Primigenius-Race.

In allen Pfahlbauten des Steinalters, am reichlichsten in Robenhausen.

3. Brachyceros-Race.

Das ist die Torfkuh. Im Steinalter die häufigste Race, in Wauwyl auch ganz vorherrschend.

Ein letzter Abschnitt der „Fauna der Pfahlbauten“ ist der Geschichte der Fauna gewidmet, speziell derjenigen der Haustiere.

Hier interessiert uns etwa Folgendes: In den älteren, nicht in die Bronzezeit reichenden Pfahlbauten war das Pferd allerorts nur sehr zufällige und seltene Erscheinung. Der Hund ist überall derselbe, das Schaf verdrängt allmählich die Ziege „und neben dem ziegenhörnigen kleinen Schafe des Steinalters erscheinen grössere krummhörnige Racen schon in Wauwyl, wo noch keine Bronzewaaren gefunden worden sind.“

Über das Schwein werden die oben schon ausführlicher dargelegten Anschauungen rekapituliert. Das Torfschwein, ursprünglich wild, wird in Wauwyl schon Haustier. Das zahme Schwein, von Sus scrofa abstammend, erscheint erst später.

Vom Rind herrscht im ganzen Steinalter die Brachycerosrasse vor, in Wauwyl tritt daneben die Primigeniusrasse auf.

So ergibt sich wieder die Gruppierung der Stationen nach dem Alter:

1. Wangen und Moosseedorf.
2. Robenhausen, Wauwyl und Meilen.
3. Concise mit reichlichen Bronzeresten.

Die folgenden Ausführungen, die sich auf die bronzezeitlichen Stationen und die historische Periode beziehen, liegen momentan ausser dem Rahmen unseres Interesses, heben wir einzig noch hervor, dass hier gezeigt wird, wie sich das Torfschwein noch heute in Graubünden als Bündnerschwein, ebenso das feine ziegenhörnige Schaf als Bündner-Oberländer-(Nalpser)-Schaf erhalten hat, die Brachyceros-Rinderrasse entspricht unserem heutigen Braunvieh.

Am Schlusse (p. 236) wird der Zeitraum der Pfahlbauten auf Grund der Prüfung der Fauna geteilt in

„I. In erster Periode überwiegen die wilden zur Nahrung verwendeten Thiere bei weitem die Zahl der Hausthiere, oder die Jagd über die Viehzucht; in diesem Verhältniss steht der Fuchs zum Hund, der Hirsch zur Kuh, das Reh zu Ziege und Schaf, das Wildschwein

zum Hausschwein; von Hausthieren sind nur vier vorhanden, die Kuh, die Ziege, das Schaf, der Hund, und die drei letztern je nur in einer einzigen Race oder vielleicht ganz in der reinen Form der Species; die Kuh dagegen in zwei an Grösse äusserst differenten und auch auf verschiedene Species zu reducirenden Racen, dem Braunvieh und dem Urvieh.

Etwas später kommt dazu das Schwein, ebenfalls in einer einzigen Form, deren Stammrace wild in der Umgegend lebte. Das Pferd, wenn auch bekannt, ist doch nicht Gegenstand der Pflege. Ich will diese Periode das Zeitalter der primitiven Hausthierracen nennen."

II. Die zweite Periode, über die hier nicht weiter die Rede sein soll, erhält den Namen Zeitalter der multiplen Haustierrassen, ihr schliesst sich die Gegenwart als Periode der Kulturrassen an.

Es reihen sich hier naturgemäss noch einige Angaben und zum Teil veränderte oder präzisierte Auffassungen von Rütimeyer ein, die in seinen späteren Arbeiten niedergelegt sind.

Rütimeyer (1864), Neue Beiträge zur Kenntnis des Torfschweins. Verh. naturf. Ges. Basel 1867. IV. Bd.

Die Abhandlung referiert über die 1864 erschienene grosse osteologische Monographie der Schweineschädel von H. v. Nathusius, mit dessen Ansichten Rütimeyer wesentlich übereinstimmt. Mit ihm sucht er die Stammform des Torfschweins in einer ostasiatischen Rasse, vermutungsweise im Bindenschwein; das Torfschwein selbst hängt direkt mit dem Bündnerschwein, sowie dem viel weiter in den Mittelmeerländern verbreiteten romanischen Schwein und schliesslich auch mit dem ungarischen Schwein zusammen. Bei den genauern Vergleichen spielt alsdann „ein so viel als vollständiger Schädel von Wauwyl" eine grosse Rolle, der ihm als offenbare Kulturform erscheint.

Pag. 161: „Nichts destoweniger stellt sich aus obiger Untersuchung heraus, dass das Torfschwein innerhalb der Pfahlbauten, ja innerhalb des Steinalters (Robenhausen und Wauwyl) ähnliche Modificationen der Schädelform, wenn auch in geringern Grenzen, erlitt, wie wir sie beim Übergang des Wildschweins in seine Culturformen wahrnahmen. Auf diese Wahrnehmung stützte sich auch mein Schluss, dass wir eine wilde und eine zahme Form auch für das erstere anzuerkennen hätten. Ich gebe indessen das Gewicht der Winke von Nathusius, wie gering die Grenzen seien zwischen einem wirklich

wilden und einem schlecht gehaltenen Thier, das in Verhältnissen lebt, die vom wilden Zustand nicht fern liegen, gerne zu und stelle die Entscheidung über diese Frage auch noch einstweilen dahin."

Pag. 168: „Jedenfalls muss aber Angesichts dieser Sachlage und namentlich mit Rücksicht auf den nach den jetzigen Hülfsmitteln kaum zu bezweifelnden indischen Factor im Torfschwein, die Frage, ob dasselbe je als eigentlich wildes Thier in der Schweiz gelebt habe, offen gelassen werden."

Die Abhandlung Rütimeyers von 1878 (Verh. naturf. Ges. Basel, Bd. 6). „Einige weitere Beiträge über das zahme Schwein und das Hausrind" bringt pag. 479 die Bemerkung: „Ich selbst fand mich nachträglich veranlasst, die ursprüngliche Ansicht, dass das Torfschwein auch im wilden Zustand in Europa gelebt habe, allmälig aufzugeben und der Ansicht von Nathusius, dass es sich auch hier um eine blosse Culturform und zwar von dem indischen Typus handeln möchte, beizutreten und sogar auf einige auffällige Beziehungen des europäischen Torfschweins zu ostwärts von dessen Gebiet, theils in vorhistorischen Niederlassungen am Ural, theils heute noch in Ceylon verbreiteten zahmen Schweineracen hinzuweisen." Sodann werden neue Beweise für den Zusammenhang mit dem indischen Bindenschwein, Sus vittatus, erbracht.

1888, Zeitschr. f. Ethnologie Bd. 20 bringt noch Bemerkungen von Rütimeyer „zu der Frage über das Torfschwein und das Torfrind." Hier wendet er sich gegen die von Nehring vertretene Ansicht, dass Torfschwein und Torfrind nur Kümmerform der mit ihnen gleichzeitig und am gleichen Orte vorkommenden wilden Tierarten, des europäischen Wildschweines und des Urochsen (Bos primigenius) seien. Er hält, nachdem namentlich auch durch Th. Studers umfassende Untersuchungen der Pfahlbautiere der westlichen Schweiz diese Ansichten befestigt worden sind, an der Ableitung des Torfschweines von einem ostasiatischen Schweine, allem nach Sus vittatus, fest, während das europäische Wildschwein relativ sehr spät in den Dienst des Menschen genommen wurde. Er steht jetzt ganz auf dem Boden, dass das Torfschwein nur im Zustande der Domestikation in den Pfahlbauten aufgetreten sei. Ebenso wird das Torfrind scharf von Bos primigenius geschieden, ohne dass Rütimeyer eine bestimmte wilde Quelle nennen möchte.

Wir werden noch Gelegenheit finden, an anderer Stelle auf die Wandlungen in der Erkenntnis der Geschichte dieser Haustiere hinzuweisen. An diesem Orte sei aber gleich darauf aufmerksam gemacht, wie in einer unter Leitung von U. Duerst in Bern durch A. Lüh-

ning ausgeführten Untersuchung „Versuche einer Diagnostik von Schweinerassen“ 1915 (Merseburg. Diss. od. Landw. Jahrbücher Bd. 47 1914) mit Hilfe der biologischen Eiweissdifferenzierungsmethoden die Verschiedenheit von Sus scrofa und S. vittatus dargetan und die engere Verwandtschaft des Torfschweines mit der Vittatusgruppe auf diesem ganz modernen Wege aufs neue begründet worden ist. Dort findet man auch die neueste Übersicht der Etappen der neueren Forschung über die Geschichte der Schweinerassen, in der neuerdings (1909) Pira mit einer Ansicht hervortrat, welche die Nehringsche Meinung von dem Zusammenhang des Torfschweins mit dem europäischen Wildschwein wieder zu verteidigen versuchte. Die Pirasche Abhandlung gibt eine ganz eingehende kritische Übersicht der vorausgehenden Literatur. Auch M. Hilzheimer stellt sich in der Neubearbeitung der Artiodactyla in „Brehms Tierleben, 1916“ auf den Standpunkt der Nehring-Piraschen Ansicht.

Eingehend behandelt F. Otto (1901) (Revue suisse de zoologie T. 9) in den „Osteologischen Studien zur Geschichte des Torfschweins“ die schweizerischen Funde, wobei er sich der Ansicht Rütimeyer-Studer anschliesst.

Um hier gleich hervorzuheben, was von dieser strittigen Frage der in den neolithischen Pfahlbauten sich findenden Schweine für uns in Betracht fällt, scheint es nach allem klar zu sein, dass nur zwei verschiedene Schweine auseinander gehalten werden müssen: das Wildschwein, Sus scrofa, das jedenfalls in den ältern steinzeitlichen Pfahlbauten einzig und allein als wildes Tier sich findet, und das Torfschwein, Sus palustris, das allem nach nur als domestiziertes Tier in Betracht fällt, gleichgültig, welcher Quelle es entstammt. Rütimeyer aber glaubte zuerst zwei wilde und zwei domestizierte Rassen auseinander halten zu müssen.

Rütimeyers Abhandlung: „Die Veränderungen der Thierwelt in der Schweiz seit Anwesenheit der Menschen“ (Basel 1875) bringt auch ein Resumé der Ergebnisse der Pfahlbau-Fauna-Forschung.

Wir heben noch folgendes heraus:

„Am merkwürdigsten verhält sich das Pferd. Es ist durchaus nicht sicher, ob es zur Zeit der Pfahlbauten noch als wildes Tier in unseren Gegenden lebte. Jedenfalls in viel geringerer Anzahl als zur Zeit der Höhlenbewohner, da wir es sonst doch so gut wie den

Urochs, Bison, das Elenthier und andere grosse Pflanzenfresser unter der Jagdbeute der Seebewohner finden würden." In einer Anmerkung werden weitere Ausführungen hierüber eingeleitet mit „Die merkwürdige Lücke in der Geschichte des Pferdes gehört sicher zu den bedeutungsvollsten Erscheinungen in der jüngsten Erdgeschichte."

Anmerkung 15: „Wusste man bisher die grosse Seltenheit des Hasen zur Zeit der Pfahlbauten nur durch Vorurtheile gegen seinen Gebrauch als Nahrungsthier zu erklären, so erscheint dies jetzt, wo wir den Alpenhasen als vorzüglich aufgesuchten Leckerbissen der Troglodyten kennen, höchst sonderbar, und es erhebt sich die Frage, ob nicht vielleicht die Seltenheit des Feldhasen in den Pfahlbauten den Anfang seiner Einwanderung bezeichne. Noch näher liegt es, für Biber und Otter, deren Leben so eng an ein bestimmtes Régime von Flüssen und deren Inhalt geknüpft ist, zu vermuthen, dass die veränderte Beschaffenheit der Flüsse sie nun erst in Gebiete lockte, die ihnen früher nicht zusagten."

Über den Pfahlbau von Wauwyl als Ganzes gibt der 3. Bericht über Pfahlbauten von Ferdinand Keller (Mitt. antiq. Ges. Zürich 1860 Bd. XIII) Auskunft. Da wir uns hier mit den Forschungsobjekten der Prähistoriker nicht weiter zu befassen haben, gehen wir nicht darauf ein. Es genügt der Hinweis, dass „das Ergebnis der unter Leitung von Oberst Suter in Zofingen auf seine Unkosten vorgenommenen Untersuchung uns mit einer der frühesten Zeit, der sogeheissenen Steinperiode, angehörenden Niederlassung bekannt macht."

Im bisher Angeführten ist alles, was in der Literatur der Zeit der älteren Pfahlbauforschung über die Fauna von Wauwyl auf Grund tatsächlicher Beobachtung sich findet, erwähnt.

Es folgen nun die wichtigen Untersuchungen von Th. Studer über die Fauna der Pfahlbauten des Bielersees (Mitt. natf. Ges. Bern 1883 und 1884).

Hier handelt es sich um die verschiedensten Epochen der Kulturentwicklung, von der Steinzeit durch eine Periode des Kupfers zur Bronze- und schliesslich zur Eisenzeit. Besonders hervorzuheben und beherzigenswert erscheint mir der Abschnitt: „Die vorliegenden Untersuchungen erstrecken sich nur auf die Stationen des Bielersees. Ich bin weit entfernt, den sich daraus ergebenden Sätzen eine allgemeine

Gültigkeit zusprechen zu wollen. Andere entfernte Gebiete mögen sich, wenn auch die culturelle Entwicklung im Grossen und Ganzen denselben Weg verfolgte, doch im Einzelnen, z. B. in Bezug auf die Haustierzucht verschieden verhalten haben. So gut wie noch heute die grossen Verkehrscentren gegenüber entlegenen und abgeschlossenen Thälern um erhebliche Zeit vorgeschritten erscheinen, konnte damals an den grossen Seen, wie am Bieler- und am Neuenburgersee, die Cultur schon in höhere Bahnen eingelenkt sein, während der Pfahlbauer an den abgelegenen Seen von Moosseedorf, Inkwyl oder am Burgsee noch in primitivster Weise den Kampf ums Dasein führte; und so gut am Ostufer des Bodensees noch die alte kurzhörnige Race des Rindes fortbesteht, während das schweizerische Mittelland die Culturrace des Frontosus-Rindes zu hoher Entwicklung gebracht hat, ebenso konnten, wie die letzten Ausgrabungen bei Steckborn zeigen, dort die primitiven Formen des Rindes bis in die höhere Culturentwicklung der Steinzeit reichen, während am Bielersee zur gleichen Epoche schon mannigfaltige Culturracen gezüchtet wurden."

„Nach der Altersfolge geordnet sind die untersuchten Stationen des Bielersee's folgende: Schaffis (Chavannes), Lattrigen, Lüscherz (Locraz), Vinelz (Fenils), Mörigen."

Schaffis gehört der alten Epoche des Neolithikums, Lattrigen und z. T. Lüscherz der jüngern an, Lüscherz z. T. und andere, weniger genau bekannte Stationen, zeigen Stein- und Kupferwerkzeuge, Mörigen ist Bronzestation. „In der ältesten Station Schaffis ist das Vorkommen der Jagdthiere fast gleich dem der Hausthiere und zwar sind von wilden Thieren in auffallender Weise die Pelzthiere, Marder, Fuchs, Biber reichlich vertreten." „In Lattrigen sind die Reste von wilden Thieren noch sehr häufig, doch treten sie gegen die der Hausthiere bedeutend zurück." In Lüscherz ähnliche Verhältnisse, hier auch Luchs nachgewiesen, den Rütimeyer nicht erwähnt. Jedenfalls war er selten. „Ein anderes Thier, dessen Knochen bis jetzt nur in dieser Station gefunden wurden, ist der gemeine Hase, von dem Reste von vier Exemplaren vorhanden sind. Der Hase wurde bis jetzt überhaupt sehr selten in den Abfällen der Pfahlbauten gefunden, was zu der Vermuthung Anlass gab, dieses Thier, welches damals so häufig sein musste wie jetzt, sei von den Pfahlbauern verschmäht oder gar als unrein betrachtet worden, wie bei vielen Völkern des Alterthums und der Jetztzeit. Es ist leicht möglich, dass der Hase bei dem ungemein reichlichen Wildstand weniger beachtet wurde, als gegenwärtig, wo er bald das einzige jagdbare Wild darstellt, doch möchte noch ein anderer Umstand die Seltenheit seiner Reste in den Pfahl-

bauten erklären. An den Mahlzeiten des Menschen participirte auch der Hund und dieser mochte die kleineren von den Mahlzeiten übrigbleibenden Knochen leicht verschwinden machen. Ein mässig grosser Hund ist im Stande, die ganzen Knochen eines Hasen zu verzehren oder wenigstens so zu zerbeissen, dass sich die später gefundenen Splitter nicht mehr auf ihren Ursprung zurückführen lassen."

Vinelz wie vorige Stationen. Mörigen: Hier werden die Reste der Jagdtiere viel seltener.

Im ganzen also, was auch Rütimeyer konstatierte, Zurücktreten der Jagdtiere im Laufe der Entwicklung der Pfahlbauperioden. Auch Studer konstatiert, dass „der Fuchs der Pfahlbauten kleiner war als der heutige Fuchs, graciler gebaut."

Haustiere. Hund. In Schaffis nur der Torfhund, *Canis familiaris palustris*. In Lattrigen, Lüscherz und Vinelz variirt er. „Wir treffen Hunde, welche kleiner sind als der typische Torfhund und andere, welche ihn an Grösse sehr bedeutend übertreffen". In Mörigen erscheint ein viel grösserer Hund, der sich dem Bronzehund, *Canis familiaris matris optimae*, nähert.

Pferd. „In den Stationen der Stein- und Kupferperiode am Bielersee fehlen Reste des Pferdes durchaus, ebenso fehlen Artefacte, welche auf einen Gebrauch dieses Hausthieres schliessen liessen."

„In der Bronzestation von Mörigen dagegen finden sich zerschlagene Pferdeknochen nicht selten." Das Pferd war hier zweifelsohne Haustier, Zug- und vielleicht Reittier. Dieses Bronzepferd ist ein kleines, feingliederiges Thier. Die Verwandtschaft mit dem kleinen, aber viel plumperen Pferde der paläolithischen Periode wird ausgeschlossen, was heute ganz sicher steht. Ebenso wird gezeigt, dass die wenigen Pferdereste des Neolithikums (siehe oben Rütimeyer) nichts mit diesem Bronzepferd zu tun haben.

Torfschwein. Studer bekennt sich, nach ausführlicher Argumentation zu den späteren Ansichten von Rütimeyer. „So führen uns schliesslich diese Untersuchungen auf einen asiatischen Ursprung des Torfschweines. Dasselbe ist in gezähmten Zustande von Osten mit dem Menschen eingewandert." „Für uns ist so viel hervorzuheben, dass zur neolithischen Zeit das Torfschwein nördlich der Alpen nicht wild vorkam, sondern gezähmt von den Pfahlbauern wahrscheinlich vom Osten eingeführt wurde." Es findet sich in Schaffis ungefähr so häufig wie das Rind und zeigt den von Rütimeyer beschriebenen Typus. In Lattrigen wesentlich unverändert, treten in Lüscherz Spuren einer kleineren Rasse auf, die in Vinelz zunimmt. In Mörigen fehlt das Torfschwein.

Hausschwein. Gezähmtes Wildschwein.

Es liegen kaum Beweise vor, dass es schon zur Steinzeit gezähmt wurde. In den Bronzestationen tritt das zahme Schwein, das mit dem jetzigen Hausschwein übereinstimmt, hervor. Es überwiegt in Mörigen aber das Schaf über das Schwein.

Ziege. In Schaffis tritt dieselbe Rasse auf, die heute als einheimische Hausziege existiert, ungefähr gleich stark vertreten wie das Schaf, beide seltener als Rind und Schwein. In Lattrigen, Lüscherz und Vinelz tritt diese Ziegenrasse gegenüber dem Schaf zurück ; auch wurde in der späteren Steinzeit noch eine zweite Rasse einer grossen Ziege gezüchtet. In Mörigen spielt die Ziege gegenüber dem Schaf eine untergeordnete Rolle.

Schaf. Das kleine, ziegenhörnige Schaf, das Torfschaf Rütimeyers, findet sich in Schaffis allein und im gleichen Verhältnis wie die Ziege vor. Es wird in den späteren Stationen kräftiger und daneben tritt noch eine grössere Rasse mit stark nach aussen gekrümmten Hornzapfen auf, die dem Moufflon nahe zu stehen scheint. In der Bronzestation Mörigen ist das Schaf ungemein zahlreich vertreten, so reichlich wie alle andern Haustiere zusammen. Es handelt sich um eine neu auftretende, hornlose Rasse.

Rind. Die Anschauungen Rütimeyers werden akzeptiert, als Hauptrassen die Primigenius-Rasse, vom Ur abzuleiten, und die Brachyceros-Rasse, von noch unbestimmter wilder Abstammung, auseinander gehalten. Als veränderte Primigenius-Form erscheint die Frontosusrasse (das heutige Fleckvieh der Schweiz); vermittelnd zwischen Primigenius- und Frontosusrasse schiebt sich die Trochocerosrasse der Steinzeit ein. In Schaffis findet sich ausschliesslich und stark vertreten das Brachycerosrind, ein einziger zweifelhafter Fund vermag dieses Resultat kaum zu ändern. In Lattrigen gehört etwa die Hälfte der Rinderknochen der Brachycerosrasse an, die andere Hälfte ist entweder einer zahmen Primigeniusrasse zuzuschreiben oder zeigt das Gepräge der Trochoceros- oder Frontosusform. Auch Kreuzungsprodukte zwischen Primigenius- und Brachycerosrind sind nachweisbar. Lüscherz und Vinelz schliessen sich wesentlich an Lattrigen an. Mörigen zeigt, wie schon erwähnt, das Zurücktreten der Rinderzucht gegenüber der Schafzucht. Es handelt sich um kleine Rinder, die eine Mischrasse darzustellen scheinen.

In allen wesentlichen Punkten bestätigen, wie man sieht, die umfassenden Untersuchungen von Studer die von Rütimeyer durch

das Studium der Pfahlbautenfauna der Mittel- und Ostschweiz gewonnenen Resultate. Hinsichtlich der Haustiere erhellt, dass in der älteren Steinzeit (älteres Neolithikum) nur je eine Rasse von Hund (Canis familiaris palustris), von Schwein (Sus palustris), von Ziege (die heutige), von Schaf (das kleine Torfschaf), von Rind (Bos taurus palustris-brachyceros) vertreten war und das Pferd als Haustier nicht in Betracht kam. In der späteren Steinzeit (jüngeres Neolithikum) freilich treten schon neue Formen von Ziege, Schaf und Rind hinzu und der Torfhund wird durch Zucht variiert.

Ein ganz wesentlich verändertes Bild bietet aber die Bronzezeit. „Die Hausthierrassen sind gegenüber denen der Steinzeit fast alle verschieden. Die Rasse des Schafes ist unvermittelt eine ganz neue. Das Rindvieh ist klein und trägt Spuren einer Verkümmerung an sich. Die alten Hunderassen sind durch einen grossen Wolfshund ersetzt, das Torfschwein durch das langohrige Hausschwein. Ein neues Haustier, das Pferd, tritt hier auf, das nun bestimmt ist, fortan die wichtigste Stelle im Leben der europäischen Völker zu spielen." (Studer p. 114).

Als Ergänzung zu den Untersuchungen von Studer kommt die Abhandlung von G. Glur (Beiträge zur Fauna der schweizerischen Pfahlbauten. Diss. Bern 1894) in Betracht, die sich mit der Pfahlbaustation von Font am Neuenburgersee, welche der jüngeren Steinzeit (d. h. dem jüngeren Neolithikum) angehört, beschäftigt. Die Liste der wilden Tiere wird um eines, den Pelikan, vermehrt. Von zahmen Rindern werden neben dem Torfrind auch solche der Primigenius- und Trochocerosrasse nachgewiesen, sowie Mischformen. Haustiere und wilde Tiere halten sich ungefähr das Gleichgewicht. Vom Schwein ist das Torfschwein und das wilde Sus scrofa zu konstatieren. Neben dem typischen Torfhund kommt noch eine grössere Hunderasse vor. Ausführlich werden Schaf und Ziege behandelt. Neben dem ziegenhörnigen Ovis aries palustris, das die Pfahlbauten des älteren Neolithikums charakterisiert, kommt in der jüngeren Periode der steinzeitlichen Pfahlbauten, wie Studer (siehe oben) erwähnt, ein grosshörniges Schaf vor, dessen Herkunft auch jetzt dunkel bleibt. Eine dritte Schafrasse bleibt zweifelhaft, ob Kreuzungsprodukt der beiden genannten, ob besondere Form oder nur durch Geschlechtsunterschiede bedingte Individuengruppe, Weibchen der grosshörnigen Rasse, „oder als letzten Fall dürfte man hier noch eine dritte Rasse oder Varietät vor sich sehen, die mit der von Wauwyl am besten

übereinstimmen dürfte." (Siehe oben p. 261 Rütimeyer und unten p. 276 Duerst).

Das Bronzeschaf, wie es in Mörigen auftritt, ist eine völlig andere Form, mit Fehlen jeglicher Spur von Hornzapfen, das neu hinzugekommen sein muss und mit den steinzeitlichen Rassen nichts zu tun hat. Von der Ziege können kaum besondere Rassen mit Sicherheit geschieden werden. „Es ist von den bedeutendsten Forschern gesagt worden, dass man weder in der Steinzeit, noch in der Bronzeperiode, aus welchem Zeitraum übrigens nur drei Hornzapfen in Bern vorhanden sind, noch in Fragmenten aus historischer Zeit ein von der heutigen Ziegenrasse verschiedenes Tier aufstellen könne; dass das nicht so ganz richtig ist, beweist schon der eingangs dieses Abschnittes beschriebene Schädel von Lüscherz. Nach den vorhandenen Stirnteilen lässt sich aber kein gültiger Schluss ziehen, wir müssen noch warten, bis uns neue Funde mehr Licht in die Sache bringen."

Was an weiteren Untersuchungen vorliegt, behandelt die Pfahlbautenfunde in ihrer Bedeutung für die Geschichte der Haustiere. Hier kommen vor allem die umfassenden und neue Wege der Forschung eröffnenden Abhandlungen von C. Keller in Betracht, sowie die Forschungen von Th. Studer, insbesondere über die Hunderassen, und der Schüler von Studer und Keller, wie besonders Duerst, dann David, Krämer etc.

Zuvor sei noch ein Blick getan auf ein paar Handbücher, welche die Pfahlbauzeit in ihrem ganzen Wesen behandeln. Dass in diesen die Darstellung der Fauna nicht Hauptzweck sein konnte, ist ohne weiteres klar; so ist denn verständlicherweise das Bild der Tierwelt der Pfahlbauzeit nicht nur als Grundlage für weitere Forschungen ein zu wenig detailliertes, sondern auch, weil nicht alle Quellen berücksichtigt sind, ein nicht ganz zutreffendes. Insbesondere wird die Wandlung, welche die Fauna im Laufe der verschiedenen Pfahlbauperioden durchgemacht hat, kaum aus diesen Darstellungen klar erkannt werden können. Es sei jedoch ferne von mir, mit dem den Verfassern dieser Handbücher einen Vorwurf machen zu wollen; ihre Aufgabe war eine andere als die, eine Geschichte der Fauna seit Beginn der Pfahlbauzeit zu schreiben.

Das schöne, leider infolge des Todes des Verfassers unvollendet gebliebene Werk von A. Schenk „La Suisse préhistorique", Lausanne 1912, akzeptiert für das schweizerische Neolithikum 3 étages principaux:

1° l'étage archaique, de la pierre martelée et polie;
2° l'étage type, de haute culture, de la pierre martelée, polie, sciée et forée;
Bel âge de la pierre polie;
3° l'étage de transition, première importation d'objets de cuivre et de bronze.

Diese 3 Etagen entsprechen ungefähr den von G. et A. de Mortillet vorgeschlagenen Epochen:

1° époque tardenoisienne,
2° époque robenhausienne,
3° époque morgienne.

Immerhin wird bemerkt, dass „Plusieurs archéologues considèrent la période néolithique, en Suisse, comme ne formant qu'un tout dans lequel il n'est pas possible d'établir des subdivisions, les caractères spécifiques n'étant pas assez nettement définis pour constituer des groupes bien distincts."

Der Pfahlbau vom Wauwylersee wird bezeichnet als „Station sur radeau (Packwerkpfahlbau), première époque de l'âge de la pierre polie".

Die Stationen des Neolithikums werden wie folgt klassifiziert:

1° Etage archaique: Wauwyl,
Moosseedorf,
Chavannes (Schaffis).
2° Etage type: Robenhausen,
Concise.
3° Etage de transition: Station des Roseaux (Morges),
Locraz (Lüscherz),
Fenil (Vinelz),

wobei diese Beispiele als besonders charakteristische herausgegriffen und noch eingehender beschrieben werden.

Ein besonderes Kapitel ist der „Faune des Palafittes" gewidmet. Ihm wird man den oben schon geäusserten Einwand machen können, dass es weder ein vollständiges und zutreffendes Bild gibt, noch die einzelnen Etappen der Pfahlbauzeit deutlich auseinander hält, alles in dem Sinne gesagt, um zu wiederholen, dass den Verfasser kein strenger Vorwurf trifft, weil ihm die Aufgabe nicht zukam, eine Geschichte der Pfahlbaufauna zu schreiben. Die Liste der Spezies (Schenk p. 292), die nach Rütimeyer gegeben ist, enthält eine Reihe von Fehlern, so wird weder von Rütimeyer noch einem andern von Wauwyl der braune Bär oder der Fischotter erwähnt.

Beträchtlich kürzer gefasst ist die Darstellung in J. Heierli:

„Urgeschichte der Schweiz", Zürich 1901, deren Verfasser als trefflicher Kenner der Pfahlbauten und unermüdlicher Vorkämpfer für die Verbreitung der prähistorischen Forschung und ihrer Anerkennung in der Schweiz in seinem Werke im übrigen einen vorzüglichen Überblick über die Pfahlbauten gibt.

Es mag genügen, noch hinzuweisen auf die kleineren, orientierenden Abhandlungen von W. Bölsche „Der Mensch der Pfahlbauzeit", Stuttgart 1911 (Kosmosband) und M. Hoernes „Kultur der Urzeit" I. Steinzeit (Sammlung Göschen, Leipzig 1912). Als „Veröffentlichung der schweizerischen Gesellschaft für Urgeschichte" ist, Bern 1915, erschienen: O. Tschumi und P. Vouga „Einführung in die Vorgeschichte der Schweiz", in der die prähistorischen Zeitabschnitte für die Schweiz unterschieden werden als

„Die ältere Steinzeit oder das Palaeolithicum. Die Zeit vor 6000 v. Chr.
Die jüngere Steinzeit oder das Neolithicum. 6000—2500 v. Chr.
Die Bronzezeit. 2500—900 v. Chr.
Die Hallstatt- oder ältere Eisenzeit. 900—400 v. Chr.
Jüngere Eisenzeit oder Latènezeit. 400—50 v. Chr."

Über „Die Pfahlbauten von Robenhausen" ist vom Sohne des berühmten Pfahlbauforschers Dr. Jakob Messikommer, von H. Messikommer, 1913 eine monographische Darstellung erschienen, welche die Fauna im wesentlichen nach Rütimeyer, mit Ergänzungen nach Keller, behandelt. Da Robenhausen bis in die Metallzeit reicht, liegen diese Angaben unserer Aufgabe wiederum fern.

Diesen Hinweisen reihen wir noch an denjenigen auf E. A. Göldi „Die Tierwelt der Schweiz", Bern 1914, in welchem Werke die Pfahlbaufauna in kurzer Zusammenfassung dargestellt wird, im wesentlichen als Auszug von Rütimeyer, mit Ergänzungen nach Studer und Keller.

Für die Geschichte der Haustiere, in der die Haustiere der schweizerischen Pfahlbauten eine ganz besondere Rolle spielen, kommen, wie erwähnt, in erster Linie die Forschungen und Zusammenfassungen von C. Keller in Betracht. Dieser Forscher hat nicht nur das vorhandene Material in verdienstvoller Weise gesichtet und das Interesse für Haustierforschung in weitesten Kreisen zu wecken verstanden, sondern als Bahnbrecher neue Wege und Methoden diesem Gebiete der Wissenschaft eröffnet und zugeführt. Insbesondere be-

tonte er nachdrücklich, wie die verschiedensten Forschungsmethoden zusammenwirken sollen, um einen Fortschritt zu garantieren. Abgesehen von Kellers speziellen Arbeiten kommen für unsere Zwecke vor allem seine Zusammenfassungen in Betracht: die Publikationen von 1902, 1905, 1906, 1909, 1919. Den besten Überblick über die Haustiere der Pfahlbauten gewährt der diesem Problem gewidmete Abschnitt in 1906. Siehe auch die Bemerkung unten p. 281.

Um nicht weitschweifig zu werden, resümieren wir nach diesem: Haustiere sind im Paläolithikum nicht nachgewiesen, sie erscheinen mit Sicherheit erst in der neolithischen Zeit; in allen Pfahlbauten fehlen Hauskatze, Haushuhn, Haustaube. Vom Haushund tritt in den ältesten Zeiten und in weiter Verbreitung im Neolithikum eine durchaus einheitliche Rasse, ein Spitzhund, der Torfhund, *Canis palustris* Rütimeyer, auf. Keller tritt für seine Ableitung vom Schakal ein. Er wird gegen Ende des Neolithikums umgezüchtet. Mit der Bronzezeit erscheint eine grössere Rasse, der Bronzehund, *Canis matris optimae* Jeitteles, eine schäferhundartige Form; seltener tritt *Canis intermedius* Woldřich, vielleicht Kreuzung zwischen Torf- und Bronzehund, der Aschenhund, auf.

In den ältesten Pfahlbauten ist wiederum nur ein Rind zu konstatieren, das *Bos brachyceros* Rütimeyer, Torfrind. Es erhält sich durch die ganze prähistorische Zeit und ist z. B. noch im Braunvieh der Alpen vertreten. Auch es hat weite Verbreitung. Keller weist seine Verwandtschaft mit den Höckerrindern (Zebus) Afrikas nach; die wilde Stammquelle ist der ostasiatische Banteng, *Bos sondaicus*.

Am Ende der Steinzeit wird eine zweite grosse Rasse gezüchtet, *Bos primigenius*, vom gleichnamigen europäischen Wildrind, dem Ur, herstammend. Mit Rütimeyer nimmt Keller zwei Hauptrassen des Rindes an. *Bos frontosus*, wie er im Fleckvieh der Westschweiz heute z. B. repräsentiert ist, nach Rütimeyer auf die Primigeniusquelle zurückzuführen, tritt erst spät auf, ist wahrscheinlich in den Pfahlbauten noch nicht vorhanden.

Ziege und Schaf erscheinen gleichzeitig in den ältesten Pfahlbauten; anfangs überwiegt die Ziege, später, besonders in der Bronzezeit, das Schaf. Beide sind zuerst durch eine Rasse vertreten. Die Torfziege, *Capra palustris*, im wesentlichen in der heutigen Ziege der Schweiz erhalten, ist nach Keller von der Bezoarziege, *Capra aegagrus*, abzuleiten.

Das Torfschaf, *Ovis palustris*, eine ziegenhörnige kleine Rasse, hat sich, wie Rütimeyer zeigt, im Bündner-Oberland z. B. erhalten. Am Ende der Steinzeit erscheint ein grosshörniges Schaf, in der

Bronzezeit eine dritte Rasse, hornlos, die von aussen zugewandert sein muss. Das Torfschaf geht nach Keller auf das Mähnenschaf, *Ammotragus tragelaphus*, zurück mit etwas asiatischem Einschlag.

Das Hausschwein ist in den älteren Pfahlbauten einzig durch *Sus palustris* vertreten, das Torfschwein, das schon gezähmt von Osten kam und von *Sus vittatus* abzuleiten ist; es erhält sich noch in den römischen Niederlassungen und heute, rein oder in Kreuzungen mit dem gezähmten Wildschwein. *Sus scrofa domesticus,* das gezähmte Wildschwein, wird erst am Ende der Steinzeit erworben, dann mit dem Torfschwein gekreuzt oder rein gezüchtet.

Das Pferd, nur spärlich in den alten Pfahlbauten vertreten, wird häufig zur Bronzezeit; es ist ein Pferd der orientalischen Rasse.

Die ältesten Pfahlbauten enthalten also nur je eine Rasse von Haushund, Hausrind, Hausziege, Hausschaf, Hausschwein, die alle mit dem Spezies — resp. Varietätsnamen *palustris* gekennzeichnet werden. Nach allem sind sie in gezähmtem Zustande mit den Bewohnern gekommen und östlicher Herkunft (asiatisch und z. T. afrikanisch).

Die Publikationen „Studien über die Haustiere der Mittelmeer-Inseln“ (N. Denkschr. Schweiz. naturf. Ges. Bd. 46 1911) und „Studien über die Haustiere der Kaukasusländer“ (N. Denkschr. Schweiz. naturf. Ges. Bd. 49 1913) bringen eine Vertiefung und Erhärtung dieser Anschauungen, speziell wird in dem „Rückblick“ der erstgenannten Abhandlung die Geschichte der europäischen Haustiere nochmals zusammengefasst.

Das grundlegende Werk von Th. Studer „Die prähistorischen Hunde in ihrer Beziehung zu den gegenwärtig lebenden Rassen“ in Abh. Schweiz. paläont. Ges., Vol. 28, 1901 behandelt, was uns speziell interessiert, den Typus des *Canis f. palustris* Rütim. Wenn in den älteren neolithischen Pfahlbauten nach Rütimeyer eine einzige, bis auf die kleinsten Details konstante Rasse von Haushund sich findet, so kann Studer zeigen, wie in den Pfahlbauten der jüngeren neolithischen Zeit sich schon verschiedene Rassenformen aufgespalten haben.

Ebenso werden die in der jüngeren neolithischen Zeit auftretenden grösseren Hundeformen, wie *Canis f. Inostranzewi* Anutschin, *Canis f. Leineri* Stud., die grösseren Hunde der Bronzezeit: *Canis intermedius* Woldřich, *Canis matris optimae* Jeitteles eingehend osteologisch behandelt. Auf die Frage der Ableitung der ältesten prähistorischen Hunde, die Studer von einer diluvialen Wildform herleitet, einzutreten, liegt ausser dem Rahmen unseres Themas.

Eine besonders klare, kurzgefasste Übersicht der „Entwicklung der Hausthierzucht bei den Pfahlbauern“ gibt Studer 1899 in dem Corresp.-Blatt der Deutsch. anthropol. Ges. (Bericht der III. gemeinsamen und XXX. allg. Vers. in Lindau). Sie kann zur ersten Orientierung vor allem dienen.

J. U. Duerst hat in seiner 1905 erschienenen Neubearbeitung von „M. Wilckens: Grundzüge der Naturgeschichte der Haustiere“ ebenfalls die in den Pfahlbauten vertretenen Arten und Rassen bei Besprechung der natürlichen Gruppen von Haustieren im einzelnen dargestellt. Auf die Differenzen gegenüber Keller u. a. in der Auffassung über die Abstammung einzugehen, liegt auch wiederum unserem Thema fern; dagegen interessieren uns direkt einige weitere Abhandlungen von Duerst:

1904. Über ein neues, prähistorisches Hausschaf (*Ovis aries Studeri*) und dessen Herkunft. Vierteljahrsschrift Natf. Ges. Zürich, 49. Jahrg.

Das von Studer in den Stationen am Ausgang der Steinzeit beschriebene, gegenüber dem Torfschaf grössere, mit stark nach aussen gekrümmten Hornzapfen versehene Hausschaf (siehe oben p. 269) wird von Duerst mit dem Namen Kupferschaf (*Ovis aries Studeri*) belegt; es hat zur Zeit des ersten Auftretens der Metalle (Kupfer) eine weite Verbreitung, wird aber bald mit anderen Rassen, so auch mit dem Torfschaf gekreuzt. Ein solches Kreuzungsprodukt ist auch die von Glur (siehe p. 270 oben) beschriebene „dritte Form“.

Dieses Kupferschaf, dessen Merkmale genauer umschrieben werden, differiert vom Torfschaf durch bedeutendere Grösse, plumpere, breitere Knochen, durch grosse, schwere Hörner und Zapfen. Die Hörner sind im Kreise gewunden, mit wenig auswärts gebogenen Spitzen. Seine Übereinstimmung mit dem Umber, Bastard von Moufflon und Hausschaf, deutet auf die Abstammung hin.

1904. Die Tierwelt der Ansiedelungen am Schlossberge zu Burg an der Spree. Arch. f. Anthrop. N. F. Bd. II handelt zwar von Funden, die in die späte Bronze- und die Eisenzeit fallen, gibt aber in einem Schlusskapitel die Auffassung des Autors über den Zusammenhang der prähistorischen Haustierfaunen übersichtlich wieder. Das für uns direkt in Betracht fallende sei hier zitiert:

„Denn mit dem Beginne der neolithischen Periode tritt ganz unvermittelt eine ganze vollständige Haustierfauna auf, die man sehr gut als „Torffauna“ bezeichnet hat.

Diese ist durchweg für alle europäischen Länder dieselbe, wenigstens in den Haupttypen Schwein, Rind, Schaf und Ziege. Sie variiert bei Pferd und Hund, weshalb es nicht unwahrscheinlich ist, dass diese Tiere durch die Neolithiker lokal in den Hausstand übergeführt wurden.

In der Schweiz fehlt das Pferd bis zur Bronzezeit fast gänzlich, nur aus dem neolithischen Wauwyl sind zahlreiche" (sollte besser heissen ‚eine Anzahl', K. H.) „Knochen eines sehr grossen Pferdes *(E. c. robustus)* und solche eines sehr kleinen *(E. c. Nehringi)* zum Vorschein gekommen. Es kamen diese Pferde wohl nur äusserst selten durch die Viehzucht treibenden Wanderhorden zu den ansässigen Pfahlbauern, die ihrer ebensowenig bedurften wie die Israeliten, als sie auf Moses und Josuas Geheiss den erbeuteten Pferden die Sprunggelenke zerschnitten.

In der Kupferzeit — ich habe mir erlaubt, diesen klaren Ausdruck für die sehr zweifelhaft begrenzte spätere neolithische Zeit zu wählen — tritt allgemein das grosse Hausrind von primigenem Charakter auf und fast gleichzeitig das Kupferschaf. In den südlichen Stationen der Schweiz und Frankreichs treffen wir auch hier und da auf die grosshörnige ägagrusartige Kupferziege, die aber meines Wissens nicht weiter nordwärts gelangte.

Die als *Bos taurus akeratos* bezeichnete hornlose Rinderform entstand und entsteht noch jetzt spontan unter sonst gehörnten Schlägen und bildete damals wohl noch keine konstante Form, wie dies jetzt in weiten Ländern der Fall ist.

In der nun folgenden Bronzezeit tritt im Süden zuerst das hornlose Bronzeschaf auf, dessen Typus aber durchaus noch nicht unanfechtbar und es nicht ausgeschlossen ist, dass es eine weibliche Form einer der beiden anderen Rassen darstellt. Um diese Zeit nehmen wir im helveto-gallischen Pferde schon die Wirkungen des Imports orientalischer Pferderassen wahr, die sich durch die Römer dann auch nach England erstreckten. Hier begegnet uns zu dieser Zeit schon das Rind des Frontosustypus und eine andere primigeniusartige Form. Zur Römerzeit findet das polycerate Schaf eine allgemeine Verbreitung."

Aus den diesen Text begleitenden Übersichtstabellen sei noch ein Teil, der die Schweiz betrifft, unverändert herausgenommen.

Epochen	Schweiz					
	Hund	Schwein	Pferd	Rind	Schaf	Ziege
Neolithische (ältere neolithische) Zeit	C. palustris (Torfhund)	S. palustris. (Torfschwein) S. scrofa dom.	E. c. rob.? E. c. Nehringi	B. t. brach. (Torfrind)	O. palustris (Torfschaf)	C. hircus (Torfziege)
Kupferzeit (jüngere neolithische Zeit)	C. palustris C. Inostranzewi C. Leineri	S. palustris S. scrofa dom.	E. c. rob. E. c. Nehringi	B. t. brach. B. t. primig. (B. t. akeratos)	O. palustris O. Studeri (Kupferschaf)	Torfziege C. Kelleri (Kupferziege)
Bronzezeit	C. palustris C. Inostranzewi C. matris optimae	S. palustris S. scrofa dom.	E. c. Nehringi E. c. orientales = Helveto-gallisches Pferd	B. t. brach. B. t. primig.	O. palustris O. Studeri O. ? (Bronzeschaf)	C. hircus Kupferziege
(Schlossberg) Eisenzeit	C. palustris (?) C. Inostranzewi (Vindonissa)	S. palustris S. scrofa dom.	Helveto-gallisches Pferd	B. t. brach. B. t. primig.	O. palustris Ovis (Römerschaf) O. Studeri	C. hircus Kupferziege

Die Abhandlung „Animal remains from the excavations at Anau and the horse of Anau in its relation to the races of domestic horses.“ (Publication No. 73 of the Carnegie Institution of Washington 1909) enthält für die Beurteilung der Pfahlbaufauna viel Interessantes, insofern aus dieser Fundstelle in Turkestan, deren älteste Schichten bis gegen 8000 Jahre vor Chr. zurückreichen, schon vor der Zeit der ersten schweizerischen Pfahlbauten eine Reihe charakteristischer Haustiere der neolithischen Pfahlbauten, wie Torfrind, Torfschwein, vielleicht auch Torfschaf (letzteres erscheint umstritten), bekannt sind, deren mutmasslicher Import von Asien her damit eine wichtige Stütze erhält. Auch die Haustiere einer späteren Zeit finden sich zum Teil dort.

Auch die „Beiträge zur Kenntnis der neolithischen Fauna Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der Funde am Mittelrhein“ von O. Schötensack (Verh. naturh.-med. Ver. Heidelberg N. F. 8. Bd. 1904) kommen für unser Thema in Betracht, insofern die Funde am Mittelrhein mit denen am Oberrhein und in den Pfahlbauten verglichen und eingehendere Erörterungen der Abstammungsfragen der Haustiere gegeben werden.

Eine ausführliche Inhaltsangabe erübrigt sich jedoch, weil gegenüber dem hier bereits Zusammengetragenen keine wesentlich neuen Auffassungen zu erwähnen wären.

Neuerdings werden die europäischen Ziegen nicht mehr einheitlich von *Capra aegagrus* abgeleitet, sondern die schraubenhörnigen Rassen von einer früher in Europa wild lebenden *Capra prisca*. Für die älteren steinzeitlichen Pfahlbauten der Schweiz kommt jedoch nur die Bezoarziege, *Capra aegagrus*, als Stammform in Betracht.

Siehe Binder, E. „Kritische Betrachtungen über Abstammung und Verwandtschaft der Hausziege auf Grund anatomischer Untersuchungen und Kreuzungsexperimenten mit besonderer Berücksichtigung der Verwandschaft mit *Capra Jerdoi* Hume“. Dissert. Bern 1910.

Adametz, L. „Untersuchungen über *Capra prisca*, einer ausgestorbenen neuen Stammform unserer Hausziegen“. (Mit. landwirt. Lehrkanzel k. k. Hochschule f. Bodenkultur Wien Band III, 1915).

Hilzheimer, M. in „Brehms Tierleben“, Säugetiere 4. Bd. 1916.

Bílek, F. „Zur Geschichte der ursprünglichen Ziegenrassen in Böhmen“. Jahrb. f. wiss. u. prakt. Tierzucht 12. Jahrg. 1918.

Über die Literatur die Schweinerassen betreffend siehe oben p. 264.

Wir begnügen uns mit dem blossen Hinweis auf die folgenden Abhandlungen, weil diese in der Hauptsache nur die spät- oder nachneolithische Haustierfauna betreffen oder sich fast ausschliesslich mit Abstammungsfragen beschäftigen.

A. David (1897. Landwirt. Schweiz. Jahrb. XI): „Beiträge zur Kenntnis der Abstammung des Hausrindes gegründet auf die Untersuchungen der Knochenfragmente aus den Pfahlbauten des Bielersees".

J. Marek (1898. Abh. schweiz. paläont. Ges. Bd. 25): „Das helvetisch-gallische Pferd und seine Beziehung zu den prähistorischen und zu den recenten Pferden".

H. Krämer (1899. Revue Suisse de zool. t. 7) „Die Haustierfunde von Vindonissa".

F. Helmich (1904): „Beiträge zur Kritik der Abstammungsfrage des Hausrindes". Diss. Bern.

H. Siegfried (1907. Abh. Schweiz. paläont. Ges. Bd. 34): „Die Rinderschädelfunde von Pasquart und deren Stellung zu den subfossilen und rezenten Rinderrassen".

C. Keller (1913. Mitt. thurg. natf. Ges. 20. Heft): „Ueber Haustierfunde von La Tène".

F. Schwerz (1918. Anat. Anzeiger, Bd. 50): „Tierreste aus La Tène."

Nicht unwichtig erscheint endlich die Feststellung, dass in der dem Neolithikum unmittelbar vorangehenden Zeit des Azilien, das auf das Magdalénien folgte, von Haustieren auch noch nichts bekannt ist. In dieser Richtung kommt als äusserst wertvoller neuester Beitrag die Untersuchung von Fritz Sarasin: „Die steinzeitlichen Stationen des Birstales zwischen Basel und Delsberg", 1918, in Betracht, zu der H. G. Stehlin die Säugetierreste bearbeitet hat. Das Azilien wird als degeneriertes Magdalénien betrachtet. Pag. 265: „Es ist noch einmal zu betonen, dass in der Grotte von Birseck das Azilien, wie wir gesehen haben, unmittelbar dem Magdalénien aufliegt, ja unmerklich in dasselbe übergeht. Es spricht dies durchaus für Kontinuität der Entwicklung und nicht für ein plötzliches Hereinbrechen einer neuen und fremden Kultur. Ebensowenig trennt dort eine unfruchtbare Zone das Azilien vom Neolithikum, das wesentlich durch die sich ausbreitende Kenntnis der Töpferei sich als etwas Neues und Verschiedenes abhebt, während die Silexgeräte sich zunächst noch in den

alten Formen bewegen, und das geschliffene Steinbeil und die hohe Technik der Herstellung kunstvoller Pfeil- und Lanzenspitzen noch unbekannt zu sein scheinen. Ebenso fehlte dieser Anfangsperiode des Neolithikums offenbar noch die Webekunst, was ich aus der Abwesenheit der später so zahlreich auftretenden Spinnwirtel erschliesse. Es ist mir sogar zweifelhaft, ob nicht auch der Erwerb von Haustieren einer späteren Zeit angehöre als die Anfänge der Töpferei. Jedenfalls gibt es noch heute Stämme, wie z. B. die Neu-Caledonier, die wohl die Töpferei, nicht aber Weberei und Haustiere kennen."

Nach Abschluss des Manuskriptes meiner ganzen Abhandlung erschien die „Geschichte der schweizerischen Haustierwelt" von C. Keller, 1919. Das vortreffliche Werk füllt eine grosse Lücke in der Literatur über die schweizerische Tierwelt aus und hilft, wenigstens für die Haustiere, wesentlich dem Mangel an übersichtlichen Darstellungen ab, den ich oben beklagen musste.

Ich habe trotzdem meine Literaturübersicht belassen, weil sie andere Zwecke verfolgt und ja nur das betrifft, was speziell für die Wauwyler Funde Bedeutung hat.

2. Eigene Untersuchungen.

Wie eingangs erwähnt, fällt es demjenigen, der sich zum ersten Male mit dem Studium von Pfahlbauknochen zu beschäftigen hat, nicht leicht, sich in seine Aufgabe hineinzufinden und einen Arbeitsplan zu gewinnen. Die Gründe hierfür sind im ersten Teil erörtert worden. Vor allem ist wichtig, dass eine genaue Kenntnis der Entwicklung der Geschichte der Haustiere, einschliesslich der damit zusammenhängenden Kontroversen, zur notwendigen Voraussetzung wird. Deshalb glaubte ich auch, einem andern mit der vorangehenden Literaturübersicht vielleicht einen Dienst erweisen zu können. Oben ist noch erwähnt worden, dass für diese Schwierigkeit die neueste Abhandlung von C. Keller wesentliche Abhülfe geschaffen hat.

Sodann ist es Grundbedingung, die zur Untersuchung vorliegenden Fundstücke sorgfältig und möglichst restlos zu bestimmen, restlos, weil nur dann einige Sicherheit in der Abschätzung des prozentualen Verhältnisses der Vertretung der einzelnen Tiere besteht. Dieses Bestimmen ist aber eine äusserst zeitraubende Arbeit. Ich musste denn auch den grössten Teil der mir zur Verfügung stehenden freien Zeit während mehrerer Jahre dieser Aufgabe widmen. Ich ging möglichst vorurteilsfrei an die Bestimmung, stellte zunächst nur die Zugehörig-

keit der Knochen zu einzelnen Arten oder Gattungen fest und versuchte erst am Schlusse die so wichtige Zuteilung zu den einzelnen Rassen der Haustiere durchzuführen. So wurden zunächst alle Suiden- wie alle Bovidenreste, ob Wildformen oder ob gezähmten Tieren angehörend, in globo bestimmt und erst nachher die weitere Scheidung durchgeführt.

Der ausführliche Bericht über die Grabungen und Funde aus der neuern Zeit, die bei den Pfahlbaustationen im Wauwylermoos gemacht wurden, wird die zugehörige geschichtliche Darstellung bringen. Hier muss ich mich begnügen mitzuteilen, dass die Fundstelle in einem einfachen Bauersmann, der in der Gegend ansässig war, einen ebenso begeisterten als erfolgreich tätigen Erforscher fand wie Robenhausen in seinem Dr. Jakob Messikommer. Dieser hochverdiente Mann, Hans Meyer, von Schötz, ist leider im Jahre 1911 vom Tode mitten aus seiner Tätigkeit gerissen worden, derjenige aber, der die Funde wissenschaftlich verarbeiten sollte, Dr. Jakob Heierli, der vielverdiente Prähistoriker, wurde ein Jahr später hinweggerafft. Schon vor Heierlis Tod waren die Funde in das Eigentum der Naturforschenden Gesellschaft in Luzern übergegangen. Ich erlaube mir hier, dieser wissenschaftlichen Gesellschaft und insbesondere ihrem damaligen Präsidenten, Herrn Prof. Dr. Hans Bachmann, den ergebensten Dank auszusprechen dafür, dass sie mir durch Überlassung des Tiermaterials zum Zwecke der Bestimmung ihr Zutrauen kundtat. Infolge des Hinschiedes von Dr. Heierli trat zunächst in der wissenschaftlichen Verarbeitung der Funde eine Stagnation ein. Nachdem dann Herr Prof. Dr. P. E. Scherer in Sarnen die endgültige Bearbeitung des prähistorischen Teiles übernommen hatte, führte ich auch den zoologischen Teil dem Abschlusse entgegen.

Dieser Umstände wegen bin ich nicht in der Lage, ausführliche Angaben über die Ergebnisse der prähistorischen Forschung hinsichtlich des Alters der Pfahlbauten in Wauwyl machen zu können. Einer freundlichen Mitteilung von Herrn Prof. Scherer verdanke ich die Kenntnis, dass die Pfahlbauten in ihrem prähistorischen Material rein neolithisch sind und dass Heierli versuchte, die Fundstellen in ein älteres, mittleres und jüngeres Neolithikum einzureihen. Einzelne Bronzefunde sind zwar bekannt geworden, aber sie stehen isoliert da und können vom übrigen leicht gesondert werden.

J. Heierli gab 1907 im Korresp.-Blatt der deutschen Ges. f. Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte, 38. Jhrg., p. 119, einen kurzen Bericht über die damals im Gange befindliche neue Grabung. Er sagt, dass die Funde der reinen Steinzeit angehören. „Indessen

lassen sich doch zwei zeitlich getrennte Gruppen derselben unterscheiden: die eine möchte ich der mittleren neolithischen Epoche zuweisen, die andere dem Schlusse derselben. Sie sind besonders ausgeprägt in den Tonscherben, aber auch die Stein-Artefakte unterstützen die eben ausgesprochene Ansicht.

Neben Zentrumbohrern, die an Magdalénienformen erinnern, fanden sich Nephritoide und ein durchbohrter Steinhammer, neben Scherben mit Fingereindrücken, Tonwaren mit sorgfältiger Stichverzierung, neben rohen Schalen mit Buckeln und Ösen feine Gefäßstücke, die an bronzezeitliche gemahnen."

Aus dem ersten Abschnitt dieser Abhandlung ergeben sich für die Beurteilung der Pfahlbautenfauna von Wauwyl etwa folgende beachtenswerte Punkte:

1. Über das Alter der Wauwyler-Pfahlbaustationen herrscht keine genügende Klarheit. Rütimeyer betrachtete zuerst Wauwyl als ziemlich gleichalterig mit Moosseedorf; später kamen ihn offenbar Zweifel an, so dass er es in eine Linie mit Robenhausen und Meilen setzte. Immerhin findet sich die Bemerkung, dass von Wauwyl keine Bronzewaren bekannt seien. Verdächtig erschienen ihm die Pferdereste, die Anwesenheit eines breit- oder krummhörnigen Schafes, die Beimengung von Primigenius-Vieh zu dem im übrigen durchaus dominierenden Brachyceros-Rind; dann zeigte nach seiner früheren Auffassung das Torfschwein in Wauwyl Zähmungsmerkmale. Dieser letzte Punkt fällt jetzt kaum mehr in Betracht, da in den Pfahlbauten nach allgemeiner Annahme keine wilde Form von Sus palustris existierte, gleichgültig, aus welcher Quelle man das Torfschwein ableitet. Als ganz verdächtig, im Sinne einer späteren Beimengung, erschien Rütimeyer selbst ein Unterkiefer, den er einem domestizierten Sus scrofa zuschreiben musste. Die Reste vom Esel, die er selbst mit Fragezeichen versieht, dürften gänzlich ausser Frage fallen, da die aus den Pfahlbauten beschriebenen Eselreste sich als solche von Pferden erwiesen haben (siehe Duerst, 1909, pag. 403).

Demgegenüber sieht nun z. B. Schenk, der gewiss in erster Linie auf die prähistorischen Funde abstellte, Wauwyl als ältesten steinzeitlichen Fundort an.

2. Als Punkte mehr spezieller Natur, deren Prüfung, resp. Bestätigung wertvoll erscheint, sind bei der Beurteilung der neuen Tierfunde von Wauwyl etwa in Betracht zu ziehen:

a) Im Wauwylermoos finden sich nicht nur von den Pfahlbauten herrührende Skelettfragmente, die als Nahrungsreste überliefert sind,

sondern es haben sich z. T. sehr vollständige Skelette von Tieren erhalten, die offenbar ohne Zutun des Menschen an Ort und Stelle zugrunde gingen.

b) Vom Hund wurde bei den frühern Funden sehr wenig konstatiert.

c) Was an Pferderesten vorliegt, beansprucht besonderes Interesse.

d) Die Elchreste waren von Rütimeyer aus Mangel an Vergleichsmaterialien nur in den Schädelstücken identifiziert worden, die übrigen Skeletteile konnten nicht mit Sicherheit der Art zugeteilt werden.

e) Es ist wichtig zu wissen, ob neben dem Torfschaf noch weitere Schafrassen vorkommen.

f) Wichtig ist auch zu konstatieren, ob neben dem Torfrind sich noch weitere Rinderschläge finden.

Diese letzterwähnten Fragen hängen wiederum mit der Beantwortung des Punktes 1, der Frage nach dem Alter von Wauwyl zusammen. Auf diese trete ich am Schlusse ein, nachdem die Einzelergebnisse der Untersuchung vorgelegt worden sind.

Die Resultate meiner Untersuchung werden hier nur in vorläufiger Zusammenfassung gegeben und sind nicht als abgeschlossen zu betrachten. Vor allem bedarf es noch des Vergleiches mit den Ergebnissen der prähistorischen, der anthropologischen und botanischen Durchforschung des Materiales.

Herr Kollege Prof. Dr. O. Schlaginhaufen in Zürich publizierte 1915 (Anat. Anz., Bd. 48) „Über einige Merkmale eines neolithischen Pfahlbauerunterkiefers“ einen vorläufigen Fundbericht über ein Skelett von Egolzwil, an dessen Unterkiefer er einige recht primitive Merkmale konstatieren konnte.

Wenn ich diese faunistischen Ergebnisse vorgängig der Veröffentlichung des Gesamtfundberichtes dem Drucke übergebe, so geschieht dies in erster Linie, weil sich die Gelegenheit bot, die Arbeit meinem hochverehrten Lehrer und Freunde, Herrn Prof. Dr. Otto Stoll, zu der Feier seines 70. Geburtstages widmen zu können, sodann ist sie ja auch nach langer Zeit zu einem gewissen Abschlusse gelangt, während vielleicht die Herausgabe des Gesamtberichtes aus den oben erwähnten Gründen sich noch verzögern könnte.

Das Tiermaterial der neuen Grabungen von Wauwyl ist mir sukzessive zugesandt worden. Ich habe über das ganze Inventar genau Buch geführt und ein jedes Stück mit der beigegebenen Signierung und besonderer Nummer eingetragen. Dennoch wird es kaum

möglich sein, mit der Gliederung nach Fundstellen allzuweit zu gehen; denn die Kisten, die die Knochen enthielten, trugen im allgemeinen nur eine einheitliche Aufschrift, wie z. B. Pfahlbau „Gätter", Egolzwil I, Schötz etc. Eine weitere Detaillierung war jedoch für gewöhnlich nicht gegeben. Es war eine solche wohl nicht möglich, da ja die Tierknochen in der Hauptsache gewiss ausserhalb der eigentlichen Wohnstätten gefunden wurden, eine eigentliche Schichtung, im Sinne einer stratigraphischen Gliederung in Horizonte, aber nur im Bereiche der Pfahlbauten selbst zu konstatieren ist. Nach den mir zugegangenen Mitteilungen hat jedoch Heierli an ein und derselben Fundstelle verschiedene Stufen des Neolithikums zu scheiden versucht. Eine solche weitergehende Gliederung in historischem Sinne wird jedoch das faunistische Material nicht zulassen.

Im übrigen kommt in dieser Hinsicht als sehr wichtig in Betracht, dass, was ich aus dem Schlussergebnis vorweg nehmen muss, das Gesamtbild der Tierwelt ein recht einheitliches ist, so dass schon aus dem Grunde die weitgehende Detaillierung nach Fundstellen nicht von zu grosser Bedeutung erscheint. Ich halte deshalb auch in diesem vorläufigen Bericht, der ja auf das Prähistorische noch nicht Bezug nehmen kann, die Fundorte nicht weiter auseinander.

Die Tierarten, welche Rütimeyer nach den Funden der ersten, von Oberst Suter in Zofingen geleiteten Grabung feststellte, sind in einer auf Seite 252 und 254 der vorliegenden Abhandlung reproduzierten Liste zusammengestellt, ausserdem sind die Bemerkungen auf pag. 255—263 zu beachten, die auf Wauwyl Bezug haben. Von den daselbst mit Angabe ihrer relativen Häufigkeit erwähnten Arten — die, welche keine Zahlenangaben führen, fehlen in Wauwyl — konnten diesmal nicht wieder konstatiert werden:

Mustela foina, Steinmarder.
Mustela putorius, Iltis.
Mustela erminea, Wiesel.

(Die Reste dieser kleinen Raubtiere fanden sich, wie Rütimeyer angibt, grösstenteils in Nestern zusammen, waren die Relikte von Tieren, die auf natürlichem Weg zugrunde gegangen sind. Ich will gleich bemerken, dass auch diesmal eine Reihe von Funden vorliegt, die von Tieren herrühren, welche nicht dem Menschen zur Nahrung gedient haben. Sie werden bei den einzelnen Arten vermerkt. Ohne weiteres verständlich ist aber, dass die Resultate zweier verschiedener Grabungen gerade mit Bezug auf solche mehr zufällig an-

zutreffenden Skelettfunde natürlich zugrunde gegangener Tiere sich unterscheiden werden).

Canis lupus, Wolf.
Felis catus, Wildkatze.
Erinaceus europaeus, Igel.
Sciurus vulgaris, Eichhörnchen.
Falco palumbarius, Taubenhabicht.
Anas boschas, Wildente.
Rana esculenta, Frosch.

Alle diese genannten Arten gehören nicht zu den häufig konstatierten, und es ist auch unter die Zufälligkeiten der Ergebnisse zu rechnen, ob sie in einem Pfahlbau entdeckt werden oder nicht.

Zum ersten Mal für Wauwyl wurden an Hand der neuen Funde konstatiert:

Ursus arctos, Bär.
Lutra vulgaris, Fischotter.
Lepus europaeus, Feldhase.
Aquila fulva, Steinadler.
Anser spec., Gans.
Perca fluviatilis, Barsch.

Alle diese neu festgestellten Tierformen sind wiederum aus anderen Pfahlbauten der Steinzeit bekannt; sie ändern das bereits bekannte Gesamtbild in keiner Weise, nur der Nachweis des Hasen hat grösseres Interesse, wovon unten die Rede sein wird.

Es ergibt sich somit für Wauwyl folgende Tierliste, wobei zugleich die Häufigkeit des Vorkommens vermerkt wird. Die Rütimeyersche Liste (p. 32 in 1860) ist nach den Angaben von 1861 ergänzt.

	Frühere Grabung (Rütimeyer)	Neue Grabung
Ursus arctos, brauner Bär	—	x 3
Meles vulgaris, Dachs	x 2	x 3
Mustela foina, Steinmarder	x 3	—
Mustela martes, Baummarder	x 3	x 1
Mustela putorius, Iltis	x 2	—
Mustela erminea, Wiesel	x 2	—
Lutra vulgaris, Fischotter	—	x 1
Canis lupus, Wolf	x 1	—
Canis vulpes, Fuchs	x 3	x 1
Canis familiaris, Hund	x 2	x 3
Felis catus, Wildkatze	x 2	—

	Frühere Grabung (Rütimeyer)	Neue Grabung
Erinaceus europaeus, Igel	x 1	—
Sciurus vulgaris, Eichhörnchen	x 2	—
Lepus timidus, Feldhase	—	x 1
Castor fiber, Biber	x 2	x 4
Equus caballus, Pferd	x 2	x 2
Sus scrofa, Wildschwein	x 2	x 10
Sus palustris, Torfschwein	x 5	x c. 30
Cervus capreolus, Reh	x 2	x 6
Cervus alces, Elch	x 1	x 3
Cervus elaphus, Edelhirsch	x 5	x c. 20
Capra hircus, Ziege	x 2	x 8
Ovis aries, Schaf	x 1	x 4
Bos bison, Wisent	x 2	x 4
Bos primigenius, Ur	x 2	x 4
Bos taurus, Rind	x 5	x c. 30
Aquila fulva, Steinadler	—	x 1
Falco palumbarius, Taubenhabicht	x 1	—
Anser spec., Gans	—	x 1
Anas boschas, Wildente	x 1	—
Rana esculenta, grüner Frosch	x 2	—
Perca fluviatilis, Barsch	—	x
Esox lucius, Hecht	x 2	x

Hier bedeutet
x 1 = 1 Ind.
x 2 = mehrere
x 3 = häufig
x 4 = sehr häufig
x 5 = sehr reichlich

Hier Zahlen der konstatierten Individuen

In dieser Liste sind die früher üblichen, von Rütimeyer schon verwendeten Speziesnamen aufgeführt. In der nachfolgenden Beschreibung der Funde werden die heute gültigen Artbezeichnungen angewendet.

Einzelergebnisse der neuen Untersuchung:

A. Wilde Tiere

(ohne Wildschwein, Ur und Wisent, die mit den verwandten zahmen Arten resp. Rassen besprochen werden).

1. *Ursus arctos* L., Brauner Bär.

Von Wauwyl liegen diesmal eine ganze Anzahl Skelettreste des Bären vor, doch fehlen darunter Schädelstücke und Zähne. Rüti-

meyer erwähnt den Bären von Wauwyl nicht, dagegen fanden sich in den verschiedensten steinzeitlichen Pfahlbauten seine Reste, besonders aber durchbohrte Eckzähne, die eine Rolle als Trophäen oder Amulette gespielt haben mochten. Die neu zu Tage geförderten Knochen lassen keinen Zweifel, dass der Bär von den Bewohnern der Pfahlbauten als Jagdtier erbeutet wurde. Studer findet reichliche Bärenreste in dem alt-neolithischen Schaffis.

Die neuen Funde von Wauwyl lassen auf mindestens 3 Individuen schliessen. Die Reste stammen von verschiedenen Fundstellen, sind aber am reichlichsten in Egolzwil vertreten. Es handelt sich um Tiere von verschiedener Grösse; einige Stücke zeigen sehr bedeutende Dimensionen, stammen aber jedenfalls nicht von demselben Individuum.

Fundstücke:

1 Humerus-Mittelstück, links
1 Radius und 1 Ulna, links, komplett
1 Radius proxim., rechts (sehr gross)
1 Radius proxim., links
1 Metacarpale V, links (sehr gross)
1 Femur-Mittelstück, links
1 Femur distal., rechts (sehr gross)
1 Tibia (2 Stücke zusammengehörend), rechts (sehr gross)
1 Tibia distal., rechts
1 Tibia distal., links
1 Calcaneus, rechts
1 Metatarsale I dist., rechts
1 Sacrum-Ileum, rechts
1 do.

---

2. *Meles meles* (taxus) L., Dachs.

Es sind die Reste von mindestens drei Individuen nachzuweisen, Tiere von sehr verschiedener Grösse, auch Skeletteile von jungen Exemplaren. Zum Vergleich diente ein komplettes Skelett der Zürcher Sammlung, das jedenfalls einem grossen Tier angehört. Es seien im Hinblick auf die unten nach Rütimeyer zitierten Masse nur folgende Dimensionen dieses Museumsexemplars erwähnt:

Länge des Schädels vom Foramen magnum bis zu den Incisiv-Alveolen 133 mm.

Jochbogenbreite 33 mm.

Die der neuen Grabung entstammenden Skeletteile waren durchweg kleiner und graziler gebaut, als an diesem Sammlungsobjekt.

Rütimeyer (1861) sagt nämlich p. 19: „Ein Schädel aus Concise, von 125 mm Länge vom For. magnum bis zu den Incisiv-Alveolen, und von 35 mm Jochbogenbreite weist auf eine Grösse, die heutzutage vom Dachs wohl nur selten erreicht wird; allein im übrigen ist die Übereinstimmung des in den Torfmooren gefundenen Dachses mit dem lebenden eine vollständige."

Die neuen Reste stammen alle von Egolzwil.

Fundstücke:

1 Schädel, kleiner als das rezente Sammlungsobjekt, aber von erwachsenem Tier
2 Unterkieferäste, rechts und links, von 2 verschiedenen Individuen
1 Unterkieferast, links
1 Scapula, rechts
1 Humerus, rechts
1 Femur, links
1 Femur, links (von jungem Individuum)
1 Femur, links
1 Tibia, rechts
2 Tibiae, links
2 Beckenhälften, rechts und links.

---

3. *Martes* (Mustela) *martes* L., Baummarder.

Gefunden 1 Calcaneus, links, von Egolzwil.

Die neue Grabung in Wauwyl förderte nur einen einzigen Knochen, ein Fersenbein, vom Marder zu Tage, während Rütimeyer eine grössere Anzahl Stücke, vom Stein- wie vom Baummarder und auch von kleinen marderartigen Tieren, wie Iltis und Wiesel, vorlagen. Bemerkenswert ist, dass die zahlreichen Reste in Nestern, als unverletzte Knochen beisammen lagen, so dass sie als in natürlicher Grabstätte gelegen betrachtet werden. Es scheint das zu zeigen, dass diesmal die Funde fast ausschliesslich aus den eigentlichen Pfahlbauwohnstätten oder ihrer Nähe gehoben wurden, daher auch die Seltenheit an diesen kleinen Carnivoren, die kaum als Nahrungstiere in Betracht kamen.

---

4. *Lutra lutra* L., Fischotter.

Von diesem in keinem Pfahlbau häufigen Tier fand sich nur eine Beckenhälfte rechts, von Egolzwil. Für das Wauwylermoos ist der Fischotter damit zum erstenmal aus dem Neolithikum konstatiert.

---

5. *Canis* (Vulpes) *vulpes* L., Fuchs.

Dem Fuchs kann nur eine kleine Kollektion von Knochen zugeschrieben werden, die bei einander gefunden wurden, sich alle durch das gleiche hellbraune Aussehen auszeichnen und wohl von ein und demselben Individuum stammen. Sie trugen die Etiquette „Beim Skelett Egolzwil, Moos von Egli". Sie stammen allem Anschein nach von einem Tier, das auf natürliche Weise verendete, denn die Knochen sind nicht zerbrochen, Im Aussehen gleichen die Knochen den im Museum in Zofingen liegenden, von Rütimeyer bestimmten. Ich kann nur bestätigeen, was Rütimeyer und Studer konstatierten, dass der Fuchs der älteren Pfahlbauzeit ein verhältnismässig kleines, grazil gebautes Tier war.

Fundstücke:

1 Unterkiefer, rechts
1 Humerus, rechts
1 Ulna, rechts
2 Femora, rechts und links
1 Tibia, links.

---

6. *Lepus spec.* (*an europaeus* Pall.), Feldhase.

Gefunden eine distale Hälfte eines linken Schienbeins vom Pfahlbau Meyer, Schötz.

Ich wage nicht zu entscheiden, ob das Knochenfragment dem Feld- oder dem Alpenhasen zuzuschreiben ist. Die Wahrscheinlichkeit für die Zugehörigkeit zum Feldhasen ist grösser. Auf die Seltenheit der Hasenreste in den Pfahlbauten haben die Autoren stets hingewiesen und nach Erklärungen für diese Erscheinung gesucht (siehe I. Teil). Rütimeyer (1861) schreibt p. 24: „Von diesem nicht gerade kleinen und gewiss im Steinalter nicht spärlicher als heute vertretenen Thier ist mir bisher in der grossen Menge von Knochensammlungen . . . bis jetzt eine einzige, allein unzweifelhafte Spur, ein gebrochenes Stück eines Schienbeins, aus Moosseedorf stammend, zu Gesicht gekommen." Es ist ein merkwürdiger Zufall, dass auch hier in Wauwyl, gerade wieder als einziges Stück, ein Fragment des Schienbeins nachgewiesen ist.

Studer konstatierte den Hasen einzig in der Station Lüscherz.

---

7. *Castor fiber* L., Biber.

Rütimeyer zählt den Biber zu den häufigeren Tieren der Pfahlbauzeit. In grösster Zahl konstatierte er ihn in Moosseedorf, wo auf

die Anwesenheit von mindestens 8 Individuen geschlossen werden kann. In dem vorliegenden Material von Wauwyl sind mindestens 4 Individuen vertreten. In der Liste von Rütimeyer ist der Biber in Wauwyl mit 2 (mehrere Individuen) vermerkt.

Rütimeyer beobachtete, dass unter diesen Bibern der Pfahlbauten Tiere von enormer Grösse sich finden. Als Beispiel zitiert er: „Wauwyl lieferte einen Femur von 115 mm Länge."

Dass diese Länge noch keine maximale ist, zeigt ein Skelett des zoologischen Museums in Zürich eines Bibers aus dem Rhonedelta, bei dem das Femur 122 mm Länge besitzt. Mit diesem Exemplar stimmen in der Grösse mehrere Stücke von Wauwyl, so 2 Beckenhälften, 2 Unterkiefer durchaus überein. Daneben lieferten die diesmaligen Funde von Wauwyl auch Knochen von kleineren Tieren, darunter allerdings auch jungen.

Rütimeyer glaubte, auf „nicht unwesentliche Modifikationen im Gebiss, die nicht nur Folge des Alters und der Usur zu sein scheinen", an den Stücken aus den Pfahlbauten aufmerksam machen zu müssen. Das ihm zur Verfügung stehende, höchst spärliche Vergleichsmaterial erlaubte ihm jedoch nicht, bestimmte Schlussfolgerungen zu ziehen.

Die von Rütimeyer beschriebenen einzelnen Fälle der Gebissverschiedenheiten dürften nun wohl in die noch heute nachweisbare Variationsbreite beim Biber fallen.

Diese Variation ist, wie Lönnberg (1909) gezeigt hat, eine sehr grosse.

Die neuen Funde von Wauwyl zeigen, dass der Biber im ganzen Gebiete von Wauwyl in den Pfahlbauten sich fand.

Fundstücke:

1 Unterkieferast, links, komplett
2 Unterkieferäste, links, halb komplett
1 Unterkieferfragment, links
1 Incisivus, oben rechts
4 einzelne Molaren
2 Ulnae, links
2 Femora, rechts
3 Femora, links
1 Tibia, rechts
1 Tibia-Fibula, rechts
1 Beckenhälfte, rechts
2 Beckenhälften, links.

8. *Equus caballus* L., Pferd.

Es wurde jederzeit hervorgehoben, dass Pferdereste in den steinzeitlichen Pfahlbauten zu grossen Seltenheiten gehören. Dass in Wauwyl etwas reichlicher Funde sich fanden (immerhin relativ doch wenig), erregte Aufmerksamkeit (siehe I. Teil, p. 260, 265, 268). Rütimeyer konstatierte Reste eines grösseren und eines kleinen Pferdes, erstere kamen ihm als jüngeren Datums verdächtig vor. Auch die heutigen Funde zeigen wieder eine Anzahl Pferdereste und wiederum lassen sich zwei Schläge, ein grösserer und kleinerer, auseinanderhalten (siehe unten Tabelle und Masse).

Duerst (1904) unterscheidet am Schlossberg diese zwei Schläge und zeigt, dass sie bis ins Diluvium zurückgehen; er nennt den kleineren *Equus caballus Nehringi* Duerst, den grösseren *Equus caballus robustus* Nehring.

Es dürfte sich auch hier in Wauwyl um dieselben zwei Schläge handeln. Seitdem nun Studer (1896) in der neolithischen Fundschicht vom Schweizersbild eine nicht unbeträchtliche Zahl von Pferderesten nachgewiesen hat, ist die von ihm bei dieser Gelegenheit gegebene Erklärung die natürlichste:

„Aus allem geht hervor, dass zur neolithischen Zeit noch Pferde, wahrscheinlich in wildem Zustande existierten, wenn dieselben auch allem Anschein nach in der Nähe der grossen Sumpf- und Seegebiete sich nicht aufhielten, so dass die Pfahlbauer wenig Gelegenheit hatten, sie in den Bereich ihrer Jagden zu ziehen."

Auf alle Fälle ist es wohl angebracht, das Pferd der neolithischen Pfahlbauten unter die wilden Tiere einzureihen, während das Pferd der Bronzezeit sicherlich ein Haustier war.

Siehe auch Duerst (Anau) 1909 und Marek (1898).

Fundstücke:

Die Pferdereste entstammen von verschiedenen Fundstellen des Wauwylermooses, sowohl von Egolzwil wie von Schötz. Das meiste ist im „Gätter" gefunden worden, doch auch hier sind die grosse und kleine Rasse nebeneinander vertreten.

Grössere Rasse *(Equus caballus robustus)*:

1 Metacarpus prox., Fragment

1 Metatarsus (in zwei Stücke gebrochen, fast komplett bis auf das distale Ende)

approx. Länge	280 mm
Breite prox.	55 „
Breite in der Hälfte	37 „

1 Calcaneus, rechts, komplett

Länge	123	mm
Höhe unt. d. Rollfortsatz	54	„
Breite	57	„

Kleinere Rasse *(Equus caballus Nehringi)*:

1 oberer Molar
1 Femurfragment

Die bisher genannten Stücke von verschiedenen Fundstellen.
Dann Folgendes von derselben Fundstelle „Gätter“:

1 Scapula distal, rechts	Breite	am Hals	54
	„	der Pfanne	45
1 Humerus, Mittelstück			
1 Radius, „			
1 Tibia dist., rechts	Breite	in der Hälfte	35
	Durchm.	„ „ „	28
	Breite des dist. Endes		60
	Durchm.	„ „ „	40
1 Metatarsus, fast komplett	Länge		260
	Breite prox. circa		45
	Breite dist.		45
	Breite in der Hälfte		29
1 Phalanx I	Höhe in der Mitte		73
	Breite prox.		49
	Breite dist.		42
1 Phalanx II	Höhe in der Mitte		39
	Breite prox.		46
	Breite dist.		44

2 Beckenfragmente, rechts und links.

---

9. *Capreolus capreolus* L., Reh.

Vom Reh lassen sich mindestens die Reste von einem halben Dutzend Exemplaren feststellen, davon ist offenbar eines an Ort und Stelle verendet, ohne als Nahrung gedient zu haben; die übrigen Reste sind zerschlagen und dürften von Tieren herrühren, die dem Menschen zur Beute fielen. Die Tiere sind von verschiedener Grösse, z. T. sehr jung. Die Fundobjekte finden sich an den verschiedensten Stellen des Wauwylersees.

Fundstücke:

6 Geweihstücke
1 Schädelfragment
3 Unterkieferhälften
1 Atlas
1 Sacrum
5 Scapulae (1 rechts, 4 links)
1 Humerus (dist. links)
4 Radii (rechts, 2 prox. 1 dist.; links, 1 dist.)
1 Ulna (rechts prox.)
1 Metacarpus
1 Carpale prox. med.
1 Phalanx I
1 Phalanx II
4 Beckenhälften, rechts 2, links 2
8 Femora, rechts prox. 3 dist. 1, links prox. 2 dist. 1, links jung 1
4 Tibiae, rechts prox. 1 dist. 1, links dist. 1, links jung 1
1 Metatarsus
1 Calcaneus rechts

Zusammengehörend komplett

2 Humeri	2 Femora
2 Radii	2 Tibiae
2 Metacarpi	2 Metatarsi.

---

10. *Alces alces* L., Elch.

Eine beträchtliche Anzahl von Knochen lassen sich dem Elch zuschreiben. Von diesen sind die meisten zerbrochen und offenbar Reste der Mahlzeiten. Nur die kompletten Mittelfussknochen (1 Metacarpus rechts, 2 Metatarsi rechts und links) stammen wohl von einem im See verendeten Tiere. Die kleinern Extremitätenknochen (Astragalus, Calcaneus, Phalangen), wenn auch vollständig, geben darüber keinen sicheren Aufschluss. Aus den Resten ist die Zahl der Individuen auf mindestens 3 zu schätzen. Die Stücke verteilen sich auf verschiedene Fundstellen. Rütimeyer kannte einen vollständigen Schädel des Elches von Wauwyl. Eine Anzahl Extremitätenknochen und anderes glaubte er auch dem Elen zuschreiben zu müssen, wollte aber keinen bestimmten Entscheid fällen, weil ihm damals mangels rezenter Vergleichsmaterialien ein solcher nicht möglich war.

Es lagen mir für die Bestimmung zwei rezente Elchskelette des zoologischen Museums in Zürich vor. Ich habe die äusserste Sorgfalt

bei der Untersuchung dieser Elchreste angewendet, was geboten war, da ja eine Verwechslung mit Edelhirschknochen leicht möglich ist, besonders, weil der Rothirsch in den Pfahlbauzeiten so gewaltige Dimensionen erreichte; auch vor Verwechslung mit Bovidenresten hat man sich zu hüten. Bei anderer Gelegenheit soll auf einzelne Unterscheidungsmerkmale und Grössenverhältnisse hingewiesen werden. Hier seien nur die maximalen Längen der drei vollständigen Mittelfussknochen erwähnt:

Metacarpus 323 mm
Metatarsus (2 Expl.) 385 (vorn) 389 mm (hinten gemessen).

In der verdienstvollen Zusammenstellung der Elchfunde aus der Ostschweiz von E. Bächler (1911) sind für das vollständige Skelett, das bei Gossau (Kt. St. Gallen) gefunden wurde, die entsprechenden Masse wie folgt festgestellt:

Metacarpus 315 mm
Metatarsus 378 „ .

Tscherski (1892) gibt p. 210 und 219 die untenstehenden Angaben:

Metacarpus 287 (fossil)
341 (rezent, Skelett No. 120)
Metatarsus 402 („ „ „ 120).

Vergleiche auch Duerst (1904, Schlossberg) p. 285.

Dass der Elch im Gebiete des alten Wauwylersees nicht selten war, beweisen auch eine Anzahl Funde, die in der Zeit zwischen der ersten und dieser neuesten Grabung im Moose gemacht wurden und nun im Museum in Zofingen liegen.

Fundstücke:

1 Schädelfragment (Occiput)
1 Humerus distal., rechts
1 Humerus distal., links
1 Ulna, links
1 Femur dist., rechts
1 Tibia proxim., links
1 Astragalus, links
1 Calcaneus, links
1 Metacarpus links, prox.
1 Metacarpus, rechts } komplett
2 Metatarsi, rechts und links }
1 Metatarsus distal.

2 Phalanges I
2 „ II } davon 3 komplett
1 Beckenfragment, links.

---

11. *Cervus elaphus* L., Edelhirsch.

Wie zu erwarten war, überwiegen die Reste dieser Wildform diejenigen aller andern wilden Tiere an Menge; sie sind ungefähr in gleicher Vertretung vorhanden wie diejenigen des zahmen Rindes. Näheres über das prozentuale Verhältnis der einzelnen Arten gibt die Zusammenstellung am Schlusse. Zu berücksichtigen ist auch, dass zahlreiches Hirschmaterial zu Artefakten Verwendung fand, das mir nicht zur Untersuchung vorlag.

Bei der Bestimmung der Hirschreste wurde wiederum die grösste Sorgfalt aufgewendet. Nicht nur Verwechslungen mit den Knochen anderer Cerviden, besonders vom Elch, sind naheliegend, sondern namentlich auch mit denen der kleinen Rinderrasse, der Torfkuh. Da es bei dieser Untersuchung wesentlich darauf ankam, das genauere prozentuale Verhältnis der vertretenen Tierarten zu einander festzustellen, lohnte sich die Mühe der subtilen Bestimmung. Alle Stücke wurden im einzelnen mit sicher determiniertem rezentem Material verglichen; bei der Benützung von fossilen Knochen zu Vergleichszwecken geht man ja in den meisten Fällen nicht ganz sicher, weil die Garantie für die Richtigkeit der Bestimmung der Vergleichsobjekte von den verschiedensten unkontrollierbaren Faktoren abhängt.

Ich möchte, ohne auf spezielleres einzugehen, nur auf eine Beobachtung aufmerksam machen, die vielleicht da und dort Dienste leisten kann. Werden fossile Hirschknochen ins Wasser gebracht, so trocknen sie nach dem Herausnehmen rasch und nehmen bald eine hell-graubraune Färbung an, die Rinderknochen dagegen trocknen ausserordentlich langsam; sie werden zunächst dunkelbraunschwarz. Das dürfte sich decken mit den Angaben von Rütimeyer (1861) p. 12 und 14, wonach die Hirschknochen ein dichtes Gefüge, grosse Härte und Sprödigkeit besitzen, während die Knochen der Hauskuh eine schwammige Struktur aufweisen.

Hirschreste fanden sich im ganzen Gebiete von Wauwyl. Ihre Grösse war verschieden, doch finden sich, wie Rütimeyer zeigte und wie seither für die ältern Pfahlbauten allgemein festgestellt wurde, Individuen von enormer Grösse darunter, die den heutigen Hirsch um ein Drittel an Grösse übertrafen. Von einem Überwiegen linksseitiger Knochenstücke, das Rütimeyer beobachtete, liess sich hier wie auch

bei den andern Tieren, nichts konstatieren. Nach dem Skelettmaterial (siehe besonders die Angaben über die Tibiae) sind mindestens 19 Individuen vertreten, eine Zahl, wie sie Rütimeyer auch für Moosseedorf angibt (1861 p. 9 und 10). Die Zahl erscheint jedoch sicher zu klein geschätzt, wenn man bedenkt, wie viele Hirschknochen für Artefakte verwendet wurden.

Fundstücke:

An Geweihresten liegen 41 Nummern von Individuen verschiedenen Alters, z. T. abgeworfene Geweihe, vor, meist Fragmente, ein Teil bearbeitet (wie viel, als bearbeitet, für die prähistorische Untersuchung bei Seite gelegt wurde, entzieht sich meiner Kenntnis). Unter andern fanden sich 2 komplette Geweihhälften von einem Achtender, mit je einem ansehnlichen Schädelfragment. Sie gehören vermutlich ein und demselben Tier an, das nicht auffallend gross war.

Von besondern Dimensionen zeigte sich 1 basales Stück eines abgeworfenen Geweihes mit Rose:

Umfang über der Rose 26 cm.

Schädel und Gebiss. Die Reste weisen auch wieder auf Tiere von recht verschiedener Grösse. Im Ganzen sind wenig Schädelreste vorhanden, worauf ja Rütimeyer auch aufmerksam gemacht hat.

2 Schädelfragmente, je von einem ♂- und ♀-Tiere von mittlerer Grösse, sind von jener Art, die Rütimeyer (1861) p. 58 oben beschreibt, jedoch ohne künstliche Eröffnung der Gehirnkapsel. Einzelne Stücke des Schädeldaches sind bearbeitet.

An Unterkieferstücken sind vorhanden 5 rechte und 5 linke.

Von Wirbeln finden sich 49 Nummern, darunter eine fast komplette Serie von einem Individuum mässiger Grösse. Ein Epistropheus zeigt die maximalen Dimensionen, die Rütimeyer (1861) p. 59 unter Axis angibt.

Rippen in grösserer Zahl.

Die Scapulae (7 rechte, 9 linke) stammen fast alle von grossen Tieren.

Die Humeri sind durch 6 rechte und 13 linke Stücke vertreten, 2 davon sind komplett (rechts und links), mit einer grössten Länge von 270 mm, sie bleiben damit noch weit hinter dem von Rütimeyer angegebenen Maximum von 320 mm zurück.

Radii: Rechts 12, links 10 Fragmente und 1 kompletter Radius mit Ulna von mässiger Grösse.

Ulnae: 9 rechte, 6 linke Fragmente und 1 komplett.

Metapodien: 8 Metacarpi, 13 Metatarsi, je ein rechter und linker

Metacarpus vollständig, davon einer mit 265 mm Länge. (Maximum bei Rütimeyer 260 mm).

Phalangen: Nr. I 8 Stücke.
Nr. II 3 Stücke.
Maximale Masse für Nr. I: 65 mm
„ „ II: 47 „

Sacrum et Pelvis: 18 Nummern.

1 Becken komplett, von Individuum mässiger Grösse (grösste Länge 340 mm).

Femora: 9 rechte, 11 linke Stücke.

1 Patella.

Tibiae: 21 rechte, 26 linke Stücke, von letzteren 19 distale Fragmente.

Daraus lässt sich auf eine Mindestzahl von 19 Individuen schliessen.

Astragali: 8 rechte, 4 linke.

Calcanei: 9 rechte, 5 linke,
grösstes Fersenbein: Länge 125 mm.

Scaphocuboidea: 6 rechte, 1 linkes.

---

12. *Aquila (an fulva* Meyer), Steinadler.

1 distales rechtes Oberarmstück gehört wohl dem Steinadler, Aquila fulva = chrysaëtus L. an.

Zum Vergleich stand nur das Skelett eines Seeadlers, Haliaëtus albicilla L., zur Verfügung. Da unser Knochen etwas kleinere Dimensionen und, allerdings geringfügige, Abweichungen zeigt, dürfte er dem Steinadler zuzuweisen sein. Dieser ist von den Pfahlbauten in Robenhausen bekannt.

---

13. *Anser spec.*, Gans.

Ein Fragment eines linken Oberarmknochens gehört einer Gans an. In Robenhausen ist Anser segetum nachgewiesen.

---

14. u. 15. Fischreste.

Esox lucius L., Hecht. Wirbel und Zähne.

Perca fluviatilis L., Barsch. Wirbel, 1 Unterkiefer, 1 Schuppe, Flossenstrahlen.

Der leider so früh verstorbene verdienstvolle Ichthyologe Prof. Dr. J. Heuscher hatte seinerzeit die Freundlichkeit, die Fischreste

zu bestimmen. Nachgewiesen sind also Hecht und Barsch, die beide aus den Pfahlbauten beschrieben wurden. Der Hecht ist in Wauwyl schon von Rütimeyer konstatiert.

B. Haustiere,

sowie Wildschwein, Ur und Wisent.

16. *Canis familiaris* L., Hund.

In einer ersten Darstellung der Tierreste aus den Pfahlbauten von Wauwyl weiss Rütimeyer (1860) nur von wenigen Knochen eines einzigen Individuums vom Hund zu berichten, Reste, die ihm sogar wegen ihres Aussehens als jüngeren Datums verdächtig erschienen. Später scheint ihm von dieser Lokalität etwas reichlicheres Material vorgelegen zu haben, worauf aus dem Vermerk 1861 p. 116 zu schliessen ist.

Was heute vorliegt, verteilt sich auf mindestens 3 Individuen; das Wichtigste jedoch ist die Feststellung, dass alle Reste dem Torfhund, *Canis familiaris palustris* Rütim. angehören. Was sonst an Canidenresten sich findet, ist unzweifelhaft dem Fuchs zuzuschreiben und erwähnt worden. Auf keinen Fall kann irgend ein Rest konstatiert werden, der von einem Hund einer grösseren Rasse herrührte, wie sie mit dem Beginn der Metallzeit auftreten.

Fundobjekte:

a) Der vordere Teil eines Schädels mit Gebiss und zugehörigem Unterkiefer,
b) 2 Unterkieferäste, rechts und links, aber von 2 Individuen stammend,
c) 1 vollständiger Atlas,
d) 1 linker Humerus,
e) 1 rechtes Femur,
f) 1 linker Radius,
g) 1 rechtsseitiger Beckenteil,
h) 1 Femurfragment proxim. rechts,
i) 1 Tibia, beinahe komplett, links.

Hier einige Masse:

Radius f)	approx.	124 mm	Länge
Femur h)	„	144 „	„
Tibia i)	„	147 „	„

Die Unterkieferäste b) zeigen eine Länge von 112 mm.
Alle diese Stücke zeigen die Masse des typischen Torfhundes.

Man vergleiche Rütimeyer (1861) p. 119, Studer (1883) p. 29 und (1901) p. 28.

Auch der Atlas c) und das Becken g) weisen entsprechende Masse auf, wie ein Vergleich mit rezenten Hundeskeletten zeigt.

Demgegenüber zeigen nun der Schädel und Unterkiefer a) und der Humerus d), sowie das Femur e) etwas geringere Masse. Diese Stücke stammen von demselben Fundort „Gätter", während die übrigen Reste von den verschiedensten Fundstellen im Wauwylermoos herrühren.

Humerus d) 127 mm Länge
Femur e) 131 „ „

Der Schädel erweist sich gegenüber dem typischen Torfhund als relativ kurzschnauzig.

Länge des Unterkiefers a)	100	mm
An a) Gaumenlänge	67	„
Länge der Nasenbeine	41	„
Jochbogenbreite	81	„
Länge der Backzahnreihe	51	„
„ des Reisszahnes	14	„

Herr Professor Studer in Bern hatte die grosse Freundlichkeit, diesen Schädel anzusehen und mir wertvolle Aufschlüsse zu geben. Ich bitte ihn, hier meinen besten Dank entgegennehmen zu wollen. Er schreibt: „Gegenüber den Bielerseehunden ist es eine etwas kleinere Rasse, mit stark gewölbter Stirn und kurzer spitzer Schnauze; sie neigt schon mehr zur richtigen Spitzerform als die Bielersee-Moosseedorf-Palustrisrasse, stimmt aber dabei mit den bisherigen Wauwylerfunden." Eine Deformation am Gebiss, die dieser Schädel zeigt, ist nach Studer erst post mortem eingetreten.

Es würde sich sonach unter den Funden von Wauwyl zwar nur der Torfhund finden, aber ausser in Individuen der typischen Grösse auch in solchen einer kleineren, mehr spitzerartigen Rasse. Nach den Feststellungen von Studer treten, so wenigstens am Bielersee, erst im jüngeren Neolithikum diese von der Typusform abweichenden Palustris-Rassen auf. Ich verdanke aber noch einer mündlichen Mitteilung von Herrn Prof. Studer die Kenntnis seiner Ansicht, dass eventuell in einzelnen Pfahlbauten die Rassenherausbildung sehr rasch vor sich gegangen sein könne.

---

17. und 18. *Capra hircus* L., Ziege und *Ovis aries* L., Schaf.

Die Skeletteile von Schaf und Ziege sind, wie Rütimeyer be-

reits hervorgehoben und andere bestätigt haben, im allgemeinen nicht leicht zu scheiden. Nach sorgfältiger, wiederholter Durchsicht des vorliegenden Materiales, Vergleich mit rezenten Skeletten und unter Berücksichtigung der Literaturnotizen glaube ich nach den folgenden Zusammenstellungen die Reste beider Haustiere auseinander halten zu können. Es ergibt sich alsdann, dass die Fundstücke, welche der Ziege zuzuweisen sind, etwa in doppelter Zahl wie die dem Schafe zuzuteilenden sich finden. Demnach überwiegt die Ziege das Schaf bedeutend an Individuenzahl. Diese Feststellung spricht wiederum deutlich für die Ansicht, dass wir es in Wauwyl mit alt-neolithischen Funden zu tun haben, da ja das Vorherrschen von Ziege gegenüber Schaf für die ältere Periode des Neolithikums gegenüber der jüngeren typisch ist.

Von den Fundstücken kommen zunächst die Hornzapfen in Betracht: 2 Paare, von denen 3 Stücke komplett sind, alle mit Schädelfragmenten an der Basis, die über die Stellung der Hörner die nötige Orientierung erlauben, sodann 6 Fragmente von Zapfen, die zeigen, dass die Höhlungen im Innern sich bis zur Spitze erstrecken. Alle Stücke gehören offenbar ein und derselben Rasse an, nämlich der Torfziege, *Capra hircus rütimeyeri.*

Grösste Curvatur der Zapfen 160 mm und 200 mm.

Beide Masse und namentlich das letzterwähnte, deuten auf recht stattliche Tiere hin. Ein weiterer Hornzapfen mit Schädelfragment gehört einer ganz jungen Ziege an.

Weitere Fundobjekte:

1 vollständiger Humerus rechts, Länge 150 mm
1 vollständiges Femur links, Länge 185 mm
4 Humerusfragmente
2 Femurfragmente,
alle ungefähr von gleicher Grösse.
2 Radiusfragmente
1 Ulnafragment
1 Atlas
2 Phalangen I
1 Scapulafragment
4 Oberkieferfragmente
16 Unterkieferhälften, z. T. von jüngern Tieren
Einzelne Molaren.

Die Ziege war also ziemlich reichlich vertreten; man darf auf etwa 8 Individuen schliessen.

Keiner der Unterkiefer ist komplett.
Länge der Backenzahnreihe 70 mm
Unterkiefer-Länge ca. 165 „
(stimmt zu Rütimeyers Angaben).

Man vergleiche Rütimeyer (1861), Studer (1883), Glur (1894), Krämer (1899), Duerst (1904 u. 1909), Schötensack (1904), Binder (1910).

Die Ziegenreste stammen von den verschiedensten Fundstellen: 49 Nummern.

Diese relativ grosshörnigen Ziegen sind doch, wie erwähnt, der Palustrisrasse zuzuschreiben aus den gleichen Gründen, die Duerst (1904, Schlossberg) für die grosshörnigen Individuen von Capra hircus palustris am Schlossberg geltend macht, insbesondere spricht der gerade Verlauf der Hornzapfen parallel zur Sagittalebene gegen die Zugehörigkeit zu einer schraubenhörnigen Rasse.

Vergleiche auch Krämer p. 225 (1899) und Binder p. 24 (1910).

Auf der andern Seite ist vielleicht die Grösse der Hörner ein Merkmal längerer Zucht, das eventuell für nicht ganz altes Neolithikum sprechen würde.

Die Schafreste machen etwa die Hälfte derjenigen der Ziege aus (25 Nummern, ebenfalls aus allen Teilen des Wauwylermooses). Ich möchte alle ein und derselben Rasse zuschreiben, die keine andere sein kann als das Torfschaf, *Ovis aries palustris* Rütim.

Der einzige charakteristische Knochen ist allerdings nur ein Metatarsus von 129 mm Länge und 10 mm Diaphysenbreite. Hornzapfen fehlen leider vollständig. Jedenfalls ist diesmal nichts vorhanden, das auf grössere jüngere Schafrassen schliessen liesse.

Literatur wie bei Ziege, ausserdem Duerst (1904) und (1904 Schlossberg).

Fundstücke:

2 rechte und 1 linke Scapulae
2 Humerusfragmente
1 Tibiafragment
1 Metatarsus
3 linke Astragali
1 linker Calcaneus
1 Phalanx III, Hinterfuss
1 Atlas
2 Halswirbel (Nr. III u. IV)
3 Dorsalwirbel

1 Beckenfragment
2 Oberkieferfragmente
4 Unterkieferfragmente.

Man darf vielleicht auf 4 Individuen schliessen.

---

19. u. 20. *Sus*, Schwein

und zwar *Sus scrofa* L., Wildschwein und *Sus palustris* Rütim., Torfschwein.

Ohne Schwierigkeiten lassen sich die Schweinereste in zwei Gruppen teilen: die einen sind dem Wildschwein zuzuschreiben, das nur als wildes Tier in Betracht fällt, die anderen gehören dem Torfschwein an, welches bloss als Haustier vorhanden war. Im Gegensatz zu der früheren Feststellung von Wauwyl: „Seltene Reste von unserem Wildschwein" (Rütimeyer 1860, p. 21), liegen diesmal recht zahlreiche und z. T. prächtig erhaltene Reste vom Wildschwein, namentlich Unterkiefer, vor.

Die Möglichkeit einer scharfen Trennung von *Sus scrofa* und *Sus palustris* in diesem altneolithischen Pfahlbau spricht nicht zugunsten der Ansicht, dass es sich um ganz nahe verwandte Suiden handle, dass *S. palustris* nur eine domestizierte Form von *S. scrofa ferus* darstelle. Wäre letzteres der Fall, so müsste man wohl gerade hier, in dem alten Pfahlbautenmaterial, Übergänge erwarten dürfen. Es ist gar nichts vorhanden, was einem *Sus scrofa domesticus* zugeschrieben werden könnte. So erscheint der einzige Fund eines Unterkiefers des vom Wildschwein abzuleitenden Hausschweines, den Rütimeyer (1860, p. 21) beschreibt und der ihm als späterer Beifügung sehr verdächtig erscheint, in der Tat eine Zutat zu sein, die nicht dem Pfahlbautenalter von Wauwyl angehört. Die Zahl der *scrofa*-Individuen im Verhältnis zu den *palustris*-Tieren, ist, wie erwähnt, ziemlich gross, ungefähr 10 Individuen von *S. scrofa* und 30 Individuen von *S. palustris* (siehe unter Unterkiefer).

Fundstücke:

Unterkiefer: Von *Sus scrofa* liegen drei grosse Fragmente des Gebissteiles mit mächtigen Hauern vor:

	mm		
Länge der Backzahnreihe	145	152	152[1])
„ „ „ ohne Pm_1	114	118	121[1])
„ „ Symphyse	123	124	94[1])
Distanz Pm_1 bis Incisivrand	75	82	67[1])
„ zwischen 1. und 2. Pm	26	30	29[1])
Länge Pm_2—Pm_4	40	40	39[1])

[1]) Unterkiefer von jüngerem Tier, M_3 eben in Gebrauch getreten.

Ausserdem sind noch mehr fragmentarische Reste von 7 Unterkiefern vorhanden, die alle unzweifelhaft dem Wildschwein angehören; so lässt sich auf eine Zahl von 10 Individuen schliessen. Weitere Reste von einzelnen Zähnen.

Man vergleiche für die Suidenreste überhaupt die Massangaben bei Rütimeyer (1861), (1867), Studer (1883), Otto (1901), Pira (1909).

Sus palustris. Sozusagen alle Unterkiefer, die besser erhalten sind, stammen von nicht ausgewachsenen Tieren. Solche von alten Individuen sind so stark zerschlagen, dass sie sich für Messungen wenig eignen. Fast alle Altersstufen, vom kleinsten Ferkel weg, sind vertreten.

Wenn die ganz jungen Stücke nicht gezählt werden, kommen in Betracht 10 Fragmente von vorderen Kieferpartien oder mehr oder weniger komplette Kiefer, sowie

18 Unterkieferäste rechts,
24 „ links.

So darf man also auf über 30 Individuen schliessen.

Aus den angeführten Gründen sind nur wenige Messungen zu geben:

Ausgewachsen	M_2 und M_3 Länge	55
	M_3 „	34—36
	Pm_3—M_2 „	61

Die Symphysenlänge ist bei den jugendlichen Kiefern meist noch unter 60.

Soweit dies zu beurteilen ist, spricht nichts dafür, dass es sich um eine kleine Rasse des Torfschweins handelt, wie sie im spätern Neolithikum auftritt.

Oberkiefer. *Sus scrofa:*

1 Hauer oben links	Durchm.	33
3 obere Molaren	Länge	73
M_3	„	40
M_3	Breite	22

Im ganzen 4 Fragmente.

Sus palustris: Oberkiefer- und Schädelreste von Tieren aller Altersstadien.

Länge der	3 Molaren	65—66
„	von M_3	32
„	„ Pm_3—M_2	62—67

Im ganzen 26 Nummern.

Wirbel. *Sus scrofa:* 1 Atlas, nach der Grösse unzweifelhaft vom Wildschwein.

Suspalustris: 1 Atlas,
1 Epistropheus.

Scapula. Von den 20 Stück Schulterblättern fallen 2 sofort durch ihre Grösse auf, sie gehören in der Tat dem Wildschwein an, die andern 18 sind vom Torfschwein oder von jungen Tieren unsicherer Zugehörigkeit.

Sus scrofa. Rechtes Schulterblatt:

Höhe	230 mm approx.
Breite oben	140
Halsbreite	31
Gelenkpfanne quer	32
„ längs	36

Sus palustris. 6 rechte, 12 linke Schulterblätter.

Eines zeigt folgende Masse:

Höhe	175
Breite oben	112
Halsbreite	23
Gelenkpfanne quer	27
„ längs	30

Humerus: Es sind nur distale Bruchstücke vorhanden. Alle, mit einer einzigen Ausnahme, 1 unter 17, zeigen ein Foramen supracondyloideum. Die 4 grössten Stücke werden zu Sus scrofa gerechnet, Breite unten 57, 55, 51, 47. Die übrigen (5 rechts, 8 links) mit Breite unter 42 gehören wohl S. palustris an.

Radius: 5 Fragmente von S. palustris.
2 „ „ „ scrofa.
S. palustris, grösste Breite oben 27—30.
„ scrofa, „ „ unten 46.

Ulna: Von 23 Stücken sind 2 wegen ihrer Grösse S. scrofa zuzuweisen.
Sus palustris: 13 rechte, 8 linke.

Becken: Von 13 Stücken 4 von Sus scrofa, Durchmesser der Gelenkpfanne über 40, bei den andern 35 und weniger.
Sus palustris: 5 rechte und 4 linke Fragmente.

Femur: Nur Fragmente. 2 von scrofa, 7 von palustris.

Tibia: Nur Fragmente. 3 von scrofa, 10 von palustris ((7 rechte, 3 linke). Grösste Breite oben bei palustris 39—43.

Patella: 1 von Sus palustris.

Astragalus: 3 von Sus palustris, Länge 37—44.

Calcaneus: 2 von Sus scrofa, Länge 105 und 90.
9 von Sus palustris (3 rechts, 6 links), Länge unter 80.

Ferner von *Sus scrofa:*

1 Phalanx I, Länge 47.

Von *Sus palustris:*

2 Phalanges I, Länge 40—41
Metacarpale II, „ 68
„ III, „ 69
Metatarsale II, „ 74,5

Weitere Fussknochen, im ganzen 12.

Die Reste von *Sus palustris* wie *Sus scrofa* finden sich im ganzen Gebiete des Wauwylermooses.

21., 22. und 23. *Bovidae,*
nämlich *Bos primigenius* Boj., Ur, *Bos taurus* L., Hausrind
und *Bison bonasus* L., Wisent.

Die Schwierigkeiten einer präzisen Bestimmung der Knochenreste sind hier am grössten. Abgesehen von der Möglichkeit der Verwechslung von Cerviden- und Torfkuhknochen, welche bei genauem Vergleich mit sicherem Material sich so ziemlich ausschalten lässt, liegt eine wesentliche Schwierigkeit darin, dass in Wauwyl neben zahmen Rindern in nicht unbeträchtlicher Zahl Wildrinder und Bisonten vorkamen, anderseits aber gewisse zahme Rinder in ihren Grössendimensionen an diese Wildformen heranreichen.

Das Hauptergebnis der Untersuchung liegt in der Feststellung, dass das Torfrind, *Bos brachyceros* Rütimeyer, welches für die ältere Steinzeit allein als zahme Form in Betracht kommt, in ganz überwiegender Zahl vertreten ist. In grober Weise kommt dies zum Ausdruck, wenn gesagt wird, dass von 31 Schubladen mit Bovidenresten 22 ausschliesslich Knochen von *Bos brachyceros* und 9 solche von *Bos primigenius ferus*, von *Bison* und eventuell von grossem, zahmem *primigenius*-Vieh enthalten.

Noch überzeugender wirken folgende Angaben:

Von 12 Schädelfragmenten sind 11 dem Torfrind zuzuschreiben, 1 Hinterhauptsfragment dem Wisent.

Von 37 Oberkieferstücken mit Zähnen sind alle vom gleichen Typus und gehören Bos brachyceros an; nur 3 obere einzelne Molaren sind dem wilden Primigenius, 1 Oberkieferfragment mit Milchmolaren vielleicht einem zahmen Primigenius zuzuschreiben.

Von 64 Unterkieferhälften, resp. -Fragmenten sind 59 von *Bos brachyceros*, nur 5 von grösseren Boviden, und zwar

davon 2 vom Wisent, 1 von Primigenius wild (?), 2 von Primigenius gezähmt (?).

An diesen Unterkieferresten lässt sich auch die ungefähre Zahl der Individuen von *Bos brachyceros* am besten feststellen, ungefähr 30.

Von 35 Fragmenten der Oberarmknochen oder kompletten Stücken sind 28 Bos brachyceros zuzuschreiben.

Von 52 Unterarmknochen gehören 42 zum Torfrind.

Von 61 Mittelfussknochen entfallen 52 auf *Bos brachyceros.*

Sämtliche Beckenfragmente, 23, sind mit Ausnahme von 2 vom Torfrind.

Oberschenkel: 19 brachyceros, 7 von grösseren Boviden.

Von 20 Unterschenkelknochen (Schienbein) sind 13 vom Torfrind.

31 Astragali, Sprungbeine; 29 von *Bos brachyceros*, 2 von *Bos primigenius ferus.*

Von 23 Calcanei (Fersenbeinen) sind 22 vom Torfrind, 1 von Primigenius wild.

Bei den Phalangen ist die Anzahl der Stücke grösserer Boviden relativ bedeutender.

Was zu grösseren Bovidenformen als das Torfrind gehört, ist zur Mehrheit einer der grossen Wildformen, *Bos primigenius* oder *Bison (europaeus) bonasus* mit Sicherheit zuzurechnen. Nähere Bestimmungen sind z. T. hier noch nötig. So bleibt für einen grösseren Schlag vom zahmen Rind als Torfrind fast nichts übrig und wiederum meist Unsicheres, da die Grenze zwischen Primigenius wild und zahm eben schwer zu ziehen ist. Diese Reste füllen nicht einmal eine Schublade.

Alles dies spricht wieder deutlich für den alt-neolithischen Charakter der Wauwyler-Fauna.

Das Torfrind war keine kümmerliche Form, sondern für seine Rasse ein stattlicher Schlag, wie dies die Messungen im einzelnen beweisen.

Vom Torfrind ist der grösste Teil des Skelettes ein und desselben Individuums erhalten, die Knochen grösstenteils nicht zerschlagen, namentlich die langen Knochen, so dass dieses Tier wohl verunglückt ist und nicht zur Nahrung diente. Es ist ein halberwachsenes Individuum im Zahnwechsel, der letzte Milchprämolar im Ausfallen begriffen, der letzte definitive Molar halb hervorgebrochen. Das Tier dürfte etwa $2^1/_2$ Jahre alt sein. Seine Knochen, obwohl noch nicht von voller Grösse, boten gutes Vergleichsmaterial.

Von den Wildrindern wie von den domestizierten Rindern finden sich Reste an den verschiedensten Fundstellen.

Bos primigenius Boj., Ur.

Von ihm lassen sich bis dahin folgende Reste feststellen:

1 Atlas, vollständig, von den Dimensionen des von Rütimeyer (1861), p. 78, beschriebenen und abgebildeten Wirbels.

Länge des Körpers	56 mm
„ „ obern Bogens	66 „
Volle Flügelbreite	255 „
Querausdehnung der vordern Gelenkfläche	147 „
Höhe derselben in der Mitte	71 „
Querausdehnung der hintern Gelenkfläche	128 „
Höhe mit dem Bogen	85 „
Wirbelkanal hinten hoch	60 „
„ „ quer	58 „

Halswirbel Nr. 5. 2 Exemplare.

1 Hornzapfen. Grosse Curvatur	440
Umfang an der Basis, wobei unsicher, ob ein grösseres basales Stück fehlt	230.

Trotz der verhältnismässig kleinen Zahlen möchte ich das Stück eher einem wilden Primigenius denn einem zahmen zuschreiben.

Unterkiefer. Ein linker Ast, fast vollständig, nur Incisivteil beschädigt. Der hinterste Prämolar, Pm_4, ist im Hervorbrechen, sonst sind alle definitiven Zähne vorhanden.

Länge Winkel bis Incisivrand appr.	380
„ „ „ vorderer Rand des Foramen incisivum	345
Distanz Pm_2 bis Incisivlochrand	95
Länge der Backzahnreihe	152

Verhältnis $152 : 95 = 1 : 0{,}625$

Länge	$Pm_2 - Pm_4$ [1])	57
„	M_3	42 } 96
„	M_2	28 }
„	M_1	26 }
Breite	M_3	$17^1/_2$
„	M_2	18
„	M_1	17

Die Masse stimmen einigermassen zum Frontosusrind nach David (1897) p. 17; wegen der langen Molarreihe dürfte der Kiefer vielleicht eher einem jungen wilden Primigenius zuzurechnen sein.

Mehrere einzelne Molaren.

---

[1]) Die Praemolaren sind hier überall in der Richtung rostral-caudal numeriert.

Scapula. Ein linkes Schulterblatt, fast vollständig, gehört jedenfalls nicht dem Wisent an.

Länge approx.	470
Grösste Breite	250
Halsbreite	64
Gelenkfläche	71/55

Ein distales Stück ebenfalls vom Ur.

Humerus. Fragment links distal. Nicht vom Wisent.

Länge der Gelenkrolle	91
Durchmesser innen	63
„ Mittl. Rinne	42
„ „ Erhöhung	49
„ aussen	40

Fragment proximal, links. Nach Grösse und Form vom wilden Primigenius.

Radius und Ulna. 1 kompletter Radius mit fast vollständiger Ulna.

Radius:	Länge am Innenrand	360
	Volle Breite unten	101
	Breite der oberen Gelenkfläche	103
Ulna:	Die Epiphyse fehlt noch (junges Tier!)	
	Höhe der Sigmoidgrube	51
	Geringste Breite des Olecranon	75
	Approx. Länge der Ulna	450

Rütimeyer lag für die Beschreibung (1861) kein vollständiger Unterarm vor.

1 Radius und Ulna dist.

Volle Breite unten 103.

Femur. 5 proximale (4 rechts, 1 links), 2 distale (rechts und links) Fragmente.

Tibia. 2 rechte distale Fragmente.

Astragalus.	1 rechter,	1 linker
Höhe aussen	88	84
„ innen	80	80
Breite der oberen Gelenkrolle	52	52
„ „ unteren „	56	54
„ „ hinteren Gelenkfläche	38	37
Volle Dicke	48	45

Calcaneus. Ein rechter von jungem Tier, ohne Epiphyse.

Länge approx.	170
Höhe des Proc. lat.	62
Länge des „ „	58

Metatarsus. Ein distales Fragment. Breite 72.
Es darf auf etwa 4 Individuen geschlossen werden.

Bison bonasus L., Wisent.

Zum Vergleich standen zwei rezente Wisentskelette des zool. Museums in Zürich zur Verfügung. Rütimeyer (1861) schildert eingehend die Differenzen der meisten Skeletteile bei Ur und Wisent.

Schädelfragment. Ein Bruchstück vom Occiput dürfte dem Wisent angehören. Vielleicht auch ein Hornzapfenfragment.

Unterkiefer. Ein kompletter rechter Ast, nur der Incisivteil beschädigt, von ausgewachsenem Tier, zeigt alle Merkmale von Bison.

Länge vom Winkel bis Incisivrand	370 approx.
Höhe vor Pm_1	32
„ hinter M_3	65
Länge der Backzahnreihe	135
„ von M_3	42
„ „ M_2	26
„ „ M_1	23
„ Pm_2—Pm_4	47

Ein Fragment mit 4 Molaren stimmt in Zahntypus und Grösse zum Wisent.

Scapula: 2 distale Fragmente sind mit Wahrscheinlichkeit Bison zuzurechnen.

Humerus: 3 distale Stücke, 1 rechts, 2 links, nach Vergleich mit rezentem Material sicher dem Wisent zuzuweisen.

Länge der distalen Gelenkrolle	90	81	89
Durchmesser innen	56	51	53
„ der mittleren Rinne	40	38	39
„ der mittleren Erhöhung	45	43	46
„ aussen	36	35	35

Radius und Ulna: 3 prox., 2 dist. Stücke.

Breite der oberen Gelenkfläche	82—88
„ „ distal.	„ 83—85

Tibia: 1 distales Stück dem Wisent zuzuschreiben.

Metapodien: 2 prox. Metacarpi	Breite	61—64
1 dist. Metacarpus	„	68
1 prox. Metatarsus	„	51

Der Wisent dürfte wohl in gleicher Vertretung wie der Ur vorhanden gewesen sein, also vermutlich 4 Individuen.

Zahmes Rind einer Primigenius-Rasse, d. h. grösser als B. brachyceros.

Was hier unterzubringen ist, ist äusserst wenig und verschwindend gegenüber den Resten von Bos brachyceros. Es sind auch z. T. fragliche Stücke, die für B. brachyceros zu gross sind, von denen des Wisent in der Form abweichen und nicht die gewöhnlichen Masse des Bos primigenius ferus erreichen.

Es handelt sich um 1 Oberkieferfragment mit 3 Milchmolaren von 67 mm Länge. Distanz vom Vorderende der Zahnreihe bis Intermaxillarrand 140 mm.

2 Unterkieferfragmente erscheinen fraglich.

Höhe hinter der Symphyse	36
Distanz Pm_2 bis Vorderrand des Incisivloches	81
Länge der Praemolarreihe	58

2 Humeri, 1 prox. und 1 dist. Fragment.

1 Radius dist. und 1 Radius samt Ulna dist.
Breite des Gelenkes 77 und 70.

3 Metacarpi dist. Breite 64 63 60.

1 Metacarpus dist. kleines Fragment.

Was an Bovidenresten übrig bleibt, die Hauptmasse, gehört ein und demselben Typus an, das ist

Bos brachyceros Rütimeyer, Torfrind.

Besonders wichtig und charakteristisch sind die Unterkiefer und die Metapodien. Die Zahl der Individuen ist, wie schon gesagt, auf etwa dreissig zu schätzen. Oben wurde auch erwähnt, dass von einer jungen Torfkuh der grösste Teil des Skelettes an der gleichen Fundstelle erhalten blieb.

Die Länge	des Unterkiefers approx.	315
„ „	der Backzahnreihe	130
„ „	der Molarreihe	72
Metacarpus approx.		180
Metatarsus approx.		200

Sodann lagen auch eine Anzahl kompletter Knochen von erwachsenen Tieren vor, so

eine Scapula	Länge	310
	Breite	160
	Halsbreite	47
	Gelenkfläche	55/45,5

ein Metacarpus	Länge	195
	Breite in der Mitte	32
	„ oben	55
	„ unten	57
ein Femur	Länge	330
	Breite des prox. Endes	107
	„ der Diaphyse	33
	„ des dist. Endes	84
	Durchmesser des dist. Endes	114
eine Tibia	Länge	330
	Grösste Breite distal	57
	„ „ quer distal	39
	Obere Gelenkfläche	85

Eine Scapula geht vielleicht über die Masse von brachyceros hinaus und wäre verdächtig, einem grösseren Schlage auzugehören.

Länge	330
Breite	180
Halsbreite	50
Gelenkfläehe	55/47

Auf alle Fälle zeigen diese Masse, wie auch die folgenden, dass es sich um einen kräftigen Schlag der Torfkuh und nicht um eine kümmerliche Rasse handelt.

Die Massangaben, auch für die anderen Boviden, sind zu vergleichen mit denen von Rütimeyer (1861), Studer (1883), David (1897), Duerst (1904, Schlossberg), Glur (1894), Krämer (1899), Helmich (1904), Siegfried (1907), Hilzheimer (1909), Schötensack (1904).

Fundobjekte, ausser den erwähnten:

Hornzapfen. Es liegen verhältnismässig wenig und sehr fragmentarische Reste vor. Von 18 Nummern sind jedenfalls 16 Bos brachyceros zuzuweisen, eine wurde bei B. primigenius erwähnt, ein Fragment ist vielleicht dem Wisent zuzuschreiben.

Für die Brachycerosstücke beträgt da, wo Messungen möglich sind, der Umfang an der Basis 160, der Durchmesser 49—55/41—47.

Schädelfragmente. Von 12 Nummern sind 11 B. brachyceros, 1 Bison zuzuschreiben; die ersteren zeigen durchaus einheitlichen Typus. An einem Schädeldach lassen sich folgende Masse feststellen:

Länge des Os frontale	225
Breite „ „ „	170
Breite zwischen den Schläfenleisten	155

Orbita 57
Breite zwischen den Hornzapfen oben 155

An einem Bruchstück der linken Schädelseitenwand:

Orbita c. 55
Höhe des Schläfenganges unter dem Hornstiel c. 58
Länge des Os frontale 225

Occipitalregion:

Grösste Breite des Occiput 143
Kleinste Querlinie des Occiput 98
Höhe und Breite des Foramen magnum (von jungem Schädel) 42/38

Oberkiefer. Wiederum tritt die Einheitlichkeit des Typus an 37 Stücken hervor, nur eines abweichend, das bei Primigenius — zahm erwähnt wurde, sodann einzelne Molaren, die wohl dem wilden Primigenius angehören.

Länge der Zahnreihe 126
„ „ Molaren 80
„ „ Praemolaren 50

Unterkiefer. Unter Vernachlässigung einzelner Zähne und kleinerer Bruchstücke bleiben 64 Unterkieferhälften, von denen 59 dem typischen Bau vom Torfrind aufweisen, davon sind 30 rechte, 29 linke. Von den Nicht-brachyceros-Unterkiefern sind 2 vom Wisent, einer wahrscheinlich vom Ur, 2 vielleicht von einem zahmen Primigenius-Rind.

Masse an den 2 vollständigsten Brachyceros-Unterkiefern:

Länge Winkel bis Incisivrand	ca. 350	
„ „ „ Vorderrand des For. mentale	320	
„ der Backzahnreihe	142	141
„ „ Molarenreihe	88	90
„ „ Praemolarenreihe	51	51
Höhe hinter M_3	63	64
„ vor Pm_2	32,5	31
„ hinter der Symphyse	27	27
Länge von Pm_2 bis vorn am For. mentale	80	77

Verhältnis 142 : 80 = 1 : 0,56
„ 141 : 77 = 1 : 0,55

Zahlreiche Unterkieferäste stammen von jungen und sehr jungen Individuen.

Wirbel. 3 erste Halswirbel, 3 Epistrophei, eine grössere Zahl sonstiger Wirbel stammen von Bos brachyceros. Eine Reihe von Wirbeln gehören zu grösseren Boviden, vielleicht zum Wisent, sie

sind noch zu bestimmen. Rütimeyer erwähnt, dass gerade der Wisent zahlreiche Wirbelreste in den Pfahlbauten hinterlassen hat.

Scapula. Von 10 Stücken sind 6 von B. brachyceros, 2 von B. primigenius, 2 vom Bison.

Masse für das Schulterblatt der Torfkuh siehe oben p. 311. Dazu noch von Fragmenten

Halsbreite	48	47
Gelenkfläche	54/50	52/42
Grösste Länge	300	

Humerus. Von 35 Nummern sind 28 zu Bos brachyceros zu zählen, 3 dem Wisent, 2 dem Ur und 2 einer grösseren zahmen Rinderrasse zuzuschreiben.

Von den Oberarmknochen der Torfkuh gehören wiederum zahlreiche jungen Tieren an. 2 sind proximale, 26 distale Fragmente (10 rechte, 16 linke). 10 distale Stücke von sehr jungen Individuen sind dabei nicht gerechnet.

Gelenkkopf prox. breit	68 65
„ „ längs	98 92
dist. Breite der Trochlea	65—75
Höhe der Trochlea aussen	26—33
„ „ „ innen	37—44

Radius und Ulna. Die Unterschiede zwischen Bos und Bison sind sehr deutlich. Von 52 Stücken sind 10 nicht vom Torfrind, sondern von grössern Boviden, davon 5 dem Wisent, 3 dem Ur und 2 dem Bos taurus primigenius zuzuschreiben.

Bos brachyceros:

Radius Breite der proxim. Gelenkfläche	65—71
„ „ „ distal. „	53—60
Volle Breite unten	62—70
Ulna Länge vorn	87—94
Höhe der Sigmoidgrube	28—36
Geringste Breite am Olecranon	42—47

21 rechte, 21 linke Stücke

Metapodien. Von insgesamt 59 Stücken an Metapodien (Metacarpen und Metatarsen) scheiden wir 5 als ganz jung aus, von den bleibenden 54 Nummern können 45 dem Torfrind zugeschrieben werden, 9 zeigen Grössenverhältnisse, die sie andern Rassen oder Arten zuweisen: 4 dem Wisent, 1 dem Ur, 4 einem grösseren zahmen Rind.

Über komplette Metapodien der Torfkuh siehe p. 311. Alles in allem 52 Metapodien von B. brachyceros auf insgesamt 61 (ohne die ganz jungen).

Metacarpi	prox.	Breite	51—55
„	dist.	„	51—57
Metatarsi	prox.	Breite	42—46
„	dist.	„	46—50

Becken und Kreuzbein. Von 23 Beckenhälften sind 21 übereinstimmend und B. brachyceros zuzuweisen, 2 Fragmente sind bedeutend grösser. Wenige Stücke vom Sacrum, von der Torfkuh.

Femur. 26 Nummern, 19 vom B. brachyceros, 5 vom Ur und 2 fraglich.

B. brachyceros:	proxim. Breite	97—110
	distale „	80— 90
	distaler Durchmesser	110—120

Siehe auch p. 312.

Tibia. 13 Stücke von B. brachyceros, 2 vom Ur, 1 vom Wisent, 4 fraglich.

Masse für B. brachyceros siehe p. 312, ferner

	Breite der oberen Gelenkfläche	85—90
	Grösste Breite distal	56—62
	„ „ „ quer	39—42

Astragalus. Von 31 Astragali gehören 29 B. brachyceros an, 18 rechte und 11 linke, nur 2 stammen vom wilden B. primigenius.

B. brachyceros:	volle Länge	56—66
	Breite unten	34—41

Calcaneus. Von 23 Stücken sind 22 von der Torfkuh (15 rechte, 7 linke), 1 vom Ur.

Torfrind: Länge 117—125

Scaphocuboidea. Von 9 Stücken gehören vermutlich alle zu B. brachyceros.

Patella. 2 Stücke vom Torfrind.

Die Carpalknochen und die Phalangen bedürfen noch genauerer Durchsicht.

Schlussergebnis.

Im Ganzen zeigt die vorstehende Untersuchung das Bild der Fauna eines alt-neolithischen Pfahlbaus, wofür die Gründe gleich zusammengestellt werden sollen. Aber wie das seinerzeit bei Rütimeyers Feststellungen ging, so auch jetzt: es kamen wieder einige Funde zum Vorschein, die auf das jüngere Neolithikum hindeuten. Freilich spielen sie keine grosse Rolle, und die Gründe, die bei der ersten Untersuchung in diesem Sinne ins Gewicht fielen, scheiden

zufolge veränderter Auffassungen und der Ergebnisse neuerer Forschungen zum grössten Teil aus, wie z. T. schon p. 283 ausgeführt wurde. Die Zähmung des Torfschweins kommt nicht mehr in Betracht, das Vorhandensein einiger Pferdereste ruft heute einer einfachern und natürlichen Erklärung, ist jedenfalls nicht im Sinne eines Dokumentes für spät-steinzeitliche Pfahlbauten zu verwerten; der Unterkiefer eines domestizierten Wildschweines scheidet wohl als durchaus verdächtiges Fundstück ganz aus. Es bleiben als Belege für späteres Neolithikum von früher eigentlich nur die Funde eines gross- und krummhörnigen Schafes, das aber bei den neuen Ausgrabungen nicht vertreten war und die Spuren der Anwesenheit einer grösseren zahmen Rinderrasse als diejenige des Torfrindes. Dieser letzterwähnte Punkt ist auch jetzt wieder bestätigt worden, freilich mit sehr wenig und zum Teil unsicherem Material. Dagegen kommt nun im Sinne der Repräsentation später-neolithischer Tierfunde jetzt die Konstatierung einer kurzschnauzigen, spitzerartigen Rasse von Torfhund in Betracht. In dem Sinne ist eventuell auch zu verwerten das Verhalten der Ziegenreste, von denen die Hornzapfen auf recht stattliche Tiere schliessen lassen, die vielleicht das Produkt längerer Züchtung sind. Auch die Stattlichkeit der Bos brachyceros-Rasse ist möglicherweise als Ergebnis einer längeren Züchtung zu deuten. Im Ganzen bleibt aber durchaus der Eindruck der alten Pfahlbauten-Steinzeit-Fauna. Sollte sich nun durch die andern Forschungen, namentlich die prähistorischen, feststellen lassen, dass die Pfahlbauten von Wauwyl bis ins jüngere Neolithikum ausgedauert haben, so wäre der Schluss naheliegend, dass die Bewohner dieser Pfahlbauten auch in den jüngeren neolithischen Zeiten noch eine primitive Haustierzucht und im ganzen eine primitive Küche bewahrt haben. Wie Studer betonte, kann das Bild einer bestimmten Pfahlbaugegend nicht unbedingt als Typus für alle gleichzeitigen Pfahlsiedelungen genommen werden, gerade so wie heute in gewissen abgelegenen Regionen, wie z. B. einzelnen Alpentälern noch eine primitive Kultur bewahrt wird, trotzdem in der Nähe schon die modernsten Einrichtungen sich zeigen.

Auf keinen Fall ist unter den Tierfunden etwas vorhanden, was auf die Metallzeit (Kupfer- oder Bronzezeit) hinweisen würde.

Nun noch die sehr überzeugenden Beweismaterialien für den alt-neolithischen Charakter der Fauna der Pfahlbauten im Wauwylermoos:

1. Das Verhältnis der wilden zu den domestizierten Tieren.

Mit aller Klarheit ergibt sich, dass die Wildformen und die Haustiere sich mindestens das Gleichgewicht halten, wenn nicht erstere sogar ziemlich überwiegen. Um dies in sehr grober Weise zu demonstrieren, sei auf die am Schlusse dieser Untersuchung in Schubladen geordnete Sammlung der Tiermaterialien hingewiesen.

Es entfallen nun auf

	Hirsch	19	Schubladen
	Reh	2	„
	Elch	1	„
	Bär	1	„
	Wildschwein	3	„
	Ur	3	„
	Wisent	3	„
	Pferd	1	„
	Übrige Wildtiere	2	„
	Total Wildtiere	35	Schubladen
auf	Torfrind	22	Schubladen
	Torfschwein	6	„
	Ziege	2	„
	Schaf	1	„
	Hund	1	„
	Total Haustiere	32	Schubladen

Zählen wir die sehr approximativ eingeschätzten Individuenzahlen (siehe Tabelle p. 286) zusammen, so ergibt sich:

für Wildtiere 65 Individuen
„ Haustiere 75 „

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Hirsch, der ja viele Artefakte lieferte, die nicht berücksichtigt wurden, mit 20 Individuen jedenfalls zu niedrig eingeschätzt ist, namentlich im Verhältnis zu je 30 Individuen des Torfschweins oder des Torfrindes.

Es ist auf keinen Fall zu viel behauptet, wenn gesagt wird, dass sich Wildformen und domestizierte mindestens die Wage halten.

Besonders wichtig dürfte in dieser Hinsicht auch das verhältnismässig reichliche Vorkommen von Elch, Bär und Wildschwein sein. Speziell der Elch, von dem ja, wie erwähnt, noch zahlreiche, weder von Rütimeyer gekannte, noch bei dieser zweiten Untersuchung berücksichtigte Reste im Museum zu Zofingen liegen, gehörte in der Pfahlbautenzeit von Wauwyl nicht zu den seltenen Tieren. Schon

in den jüngeren neolithischen Pfahlbauten tritt er aber, wenigstens als Jagdbeute, wesentlich zurück. Dass die Wildtiere den zahmen die Wage halten oder ihnen gegenüber überwiegen, ist nun anerkanntermassen ein Zeichen der alt-neolithischen Zeit, was schon Rütimeyer betonte. Studer zeigte für die Pfahlbauten des Bielersees sehr schön, wie in der ältesten (alt-neolithischen) Station Schaffis die Jagdtiere den Haustieren fast gleichkommen, wie sodann in Lattrigen und Lüscherz, die dem späteren Neolithikum angehören, die Reste der wilden Tiere zwar noch sehr häufig sind, aber gegen die der Haustiere bedeutend zurücktreten. In der Bronzestation von Mörigen werden die Reste der Jagdtiere viel seltener.

Es versteht sich ja von selbst, dass mit der immer mehr aufblühenden Haustierzucht und dem sich ausbreitenden Ackerbau das Bedürfnis und die Gelegenheit für Wildpret entsprechend in Abgang kommen musste.

2. Übereinstimmend verzeichnen die Pfahlbautenberichte, dass in der ältern neolithischen Steinzeit die Ziege an Individuenzahl über das Schaf überwiegt, während im jüngern Neolithikum das Verhältnis sich umkehrt. Dass dieses Überwiegen der Ziege gegenüber dem Schaf für die Wauwylerfunde zutrifft, wurde oben betont.

3. Von dem Haushund liegen einzig Reste vom Torfhund, *Canis palustris* Rütimeyer, vor. Im alten Neolithikum war diese Rasse einzig vertreten. In der Metallzeit kommen die grösseren Hundeformen auf, von denen in Wauwyl jede Spur fehlt. Nun erleidet allerdings dieses Zeugnis des Torfhundes für älteres Neolithikum eine Einschränkung, insofern neben der typischen Form eine mehr spitzerartige Rasse sich findet, die sonst in den späteren neolithischen Pfahlbauten nachgewiesen ist. Siehe jedoch oben die Diskussion über diese Beweismaterialien.

4. Vom Schaf ist diesmal einzig und allein das Torfschaf, *Ovis aries palustris* Rütimeyer nachgewiesen, typisch für sich allein für das alte Neolithikum. Jedenfalls fand sich nichts von *Ovis aries studeri* Duerst, dem Kupferschaf.

5. Von der Ziege ist eine einzige Rasse nachweisbar, wie sie für die alt-steinzeitlichen Pfahlbauten charakteristisch ist: Torfziege, *Capra hircus rütimeyeri* Duerst. Allerdings mag die Grösse (siehe oben p. 302 und p. 316) auch für ein jüngeres Alter sprechen.

6. Es ist kein Rest vorhanden, der auf das domestizierte Wildschwein zu beziehen wäre. Scharf geschieden erscheinen Wildschwein, *Sus scrofa* L. und Torfschwein, *Sus palustris* Rütimeyer, letzteres als zahme Form. Es deutet nichts darauf hin, dass dieses Torfschwein

schon in veränderter, etwa zierlicherer Gestalt in Wauwyl gehalten wurde. Nochmals sei betont, dass die scharfe Scheidung von Wildschwein und Torfschwein gerade im alten Neolithikum nicht zu gunsten der Ansicht spricht, die Sus palustris als domestizierte Rasse von Sus scrofa ableiten will.

7. Die wenigen Pferdereste ändern die Auffassung nicht, dass das Pferd, *Equus caballus* L., im Alter der steinzeitlichen Pfahlbauten in der Nähe der Pfahlbauten selten war, dass aber das Wenige, was vorliegt, auf das Wildpferd zurückgeführt werden kann, das bis ins Diluvium zurückgeht und dort schon in Rassen, eine grössere und kleine geschieden erscheint. Jedenfalls ist der Zusammenhang mit dem domestizierten Bronzepferd auszuschliessen.

8. Vom zahmen Rind kommt fast ausschliesslich die Torfrasse, *Bos brachyceros* Rütimeyer, in Betracht. Diese ist die alleinige Rinderform des älteren Neolithikums. Freilich liegt auch diesmal, wie in den sechziger Jahren, noch etwas Material vor, das einer grösseren Rinderrasse zugeschrieben werden muss, wie eine solche im späteren Neolithikum auftritt. Doch ist durch das fast exklusive Praevalieren der Brachycerosform der ebenso fast ausschliessliche Charakter des Alt-Neolithikums gewahrt.

Schliesslich sei nochmals darauf hingewiesen, dass der Fuchs der steinzeitlichen Pfahlbauten sich auch diesmal wieder als relativ kleines, graziles Tier gezeigt hat, und dass merkwürdigerweise wiederum ein Belegstück des Hasen zum Vorschein gekommen ist (ein Fragment des Schienbeins), wie es Rütimeyer als ein einziger Beleg von Moosseedorf vorlag.

Für freundlichst gewährte Unterstützung bei der Durchführung dieser Untersuchung erlaube ich mir den Herren Professoren C. Keller in Zürich und Th. Studer in Bern den herzlichsten Dank auszusprechen, ebenso Herrn Dr. H. Fischer-Sigwart in Zofingen, der mir ermöglichte, die Wauwyler Pfahlbautensammlung im Zofinger Museum durchzusehen. Über die in Zofingen befindlichen Stücke soll im definitiven Fundbericht noch mehreres gesagt werden.

Diese Abhandlung ist in Dankbarkeit und Verehrung Herrn Prof. Dr. Otto Stoll bei Anlass seines 70. Geburtstages, 29. Dezember 1919, gewidmet.

Literaturverzeichnis.

1915. Adametz, L. Untersuchungen über Capra prisca, einer ausgestorbenen neuen Stammform unserer Hausziegen. Mitt. landwirtsch. Lehrkanzel d. k. k. Hochschule f. Bodenkultur in Wien. Bd. III.

1911. Bächler, E. Der Elch und fossile Elchfunde aus der Ostschweiz. Jahrb. St. Gall. naturw. Ges. 1910.

1918. Bílek, Fr. Zur Geschichte der ursprünglichen Ziegenrassen in Böhmen. Jahrb. f. wissensch. und praktische Tierzucht. 12. Jahrg.

1910. Binder, E. Kritische Betrachtungen über Abstammung und Verwandtschaft der Hausziege auf Grund anatomischer Untersuchungen und Kreuzungsexperimenten mit besonderer Berücksichtigung der Verwandtschaft mit Capra jerdoni Hume. Diss. Bern.

1911. Bölsche, W. Der Mensch der Pfahlbauzeit. Stuttgart (Kosmos).

1897. David, A. Beiträge zur Kenntnis der Abstammung des Hausrindes, gegründet auf die Untersuchungen der Knochenfragmente aus den Pfahlbauten des Bielersees. Landw. Jahrb. Schweiz. Bd. XI.

1910. Dierich, P. Beiträge zur Kenntnis prähistorischer Hirsche. Diss. Bern.

1904. Duerst, J. U. Über ein neues, prähistorisches Hausschaf (Ovis aries Studeri) und dessen Herkunft. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich. Jahrg. 49.

1904. Duerst, J. U. Die Tierwelt der Ansiedlungen am Schlossberge zu Burg an der Spree. Arch. f. Anthropologie. N. F., Bd. II.

1905. Duerst, J. U. Martin Wilckens Grundzüge der Naturgeschichte der Haustiere. Neu bearbeitet. 2. Auflage. Leipzig.

1909. Duerst, J. U. Animal remains from the excavations at Anau and the horse of Anau in its relation to the races of domestic horses. Publication No. 73 of the Carnegie Institution of Washington, 1909.

1894. Glur, G. Beiträge zur Fauna der Schweizerischen Pfahlbauten. Diss. Bern und Mitteilg. Naturf. Ges. Bern 1894.

1914. Göldi, E. A. Die Tierwelt der Schweiz in der Gegenwart und in der Vergangenheit. I. Bd. Bern, A. Francke.

1901. Heierli, J. Urgeschichte der Schweiz. Zürich.

1904. Helmich, F. Beiträge zur Kritik der Abstammungsfrage des Hausrindes mit besonderer Rücksicht auf die heutigen Niederungsschläge. Diss. Bern.

1909. Hilzheimer, M. Wisent und Ur im k. Naturalienkabinett zu Stuttgart. Jahresb. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württemberg. Jahrg. 65.

1916. Hilzheimer, M. Paarhufer in Brehms Tierleben. 4. Aufl. Säugetiere. 4. Bd.

1912. Hoernes, M. Kultur der Urzeit. I. Steinzeit. Leipzig (Sammlung Goeschen).

1902. Keller, C. Die Abstammung der ältesten Haustiere. Zürich (Stiftung von Schnyder von Wartensee).

1905. Keller, C. Naturgeschichte der Haustiere. Berlin, P. Parey.

1906. Keller, C. Die Haustiere als menschlicher Kulturerwerb in Kraemer, H., Der Mensch und die Erde. I. Bd. Leipzig.

1909. Keller, C. Die Stammesgeschichte unserer Haustiere. Leipzig (Aus Natur und Geisteswelt).

1919. id. 2. Aufl.

1911. Keller, C. Studien über die Haustiere der Mittelmeer-Inseln. N. Denkschr. Schweiz. Natf. Ges. Bd. 46.

1913. Keller, C. Studien über die Haustiere der Kaukasusländer. N. Denkschr. Schweiz. Natf. Ges. Bd. 49.

1913. Keller, C. Über Haustierfunde von La Tène. Mitt. thurgauisch. Naturf. Ges. 20. Heft.
1919. Keller, C. Geschichte der schweizerischen Haustierwelt. Frauenfeld.
1860. Keller, Ferd. Pfahlbauten. Dritter Bericht. Mitteil. antiquar. Ges. Zürich 13. Bd.
1899. Krämer, H. Die Haustierfunde von Vindonissa. Rev. Suisse de zool., t. 7.
1909. Lönnberg, E. A study of the Variation ot European Beavers. Arkiv för Zoologi. Bd. 5.
1915. Lühning, A. Versuche einer Diagnostik von Schweinerassen mit Hilfe der biologischen Eiweissdifferenzierungs-Methoden. Diss. Bern. Auch in Landwirtsch. Jahrbücher. Bd. 47. 1914.
1898. Marek, J. Das helvetisch-gallische Pferd und seine Beziehung zu den prähistorischen und zu den rezenten Pferden. Abh. Schweiz. palaeont. Ges. Bd. 25.
1913. Messikommer, H. Die Pfahlbauten von Robenhausen. Zürich, Orell Füssli.
1901. Otto, F. Osteologische Studien zur Geschichte des Torfschweins (Sus scrofa palustris Rütimeyer) und seiner Stellung innerhalb des Genus Sus. Revue Suisse de zoologie T. 9.
1909. Pira, A. Studien zur Geschichte der Schweinerassen, insbesondere derjenigen Schwedens. Zool. Jahrb. Bd. 10. Supplement.
1860. Rütimeyer, L. Untersuchung der Thierreste aus den Pfahlbauten der Schweiz. Mitteil. d. antiquar. Ges. in Zürich. Bd. 13.
1861. Rütimeyer, L. Die Fauna der Pfahlbauten der Schweiz. Basel. Neue Denkschr. d. Allg. Schweiz. Gesellsch. d. gesammt. Naturw. Bd. 19. 1862.
1864. Rütimeyer, L. Neue Beiträge zur Kenntnis des Torfschweins. Verh. d. naturf. Ges. Basel. 4. Bd. 1867 (1. Heft 1864).
1875. Rütimeyer, L. Die Veränderungen der Thierwelt in der Schweiz seit Anwesenheit des Menschen. Basel.
1878. Rütimeyer, L. Einige weitere Beiträge über das zahme Schwein und das Hausrind. Verh. d. naturf. Ges. Basel. 6. Bd. 1878.
1888. Rütimeyer, L. Zu der Frage über das Torfschwein und das Torfrind. Zeitschr. f. Ethnologie. Bd. 20.
1918. Sarasin, F. Die steinzeitlichen Stationen des Birstales zwischen Basel und Delsberg. N. Denkschr. Schweiz. naturf. Ges. Bd. 54.
1912. Schenk, A. La Suisse préhistorique. Lausanne.
1915. Schlaginhaufen, O. Über einige Merkmale eines neolithischen Pfahlbauerunterkiefers. Anat. Anzeiger. Bd. 48.
1904. Schoetensack, O. Beiträge zur Kenntnis der neolithischen Fauna Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der Funde am Mittelrhein. Verh. naturh.-med. Ver. Heidelberg. N. F. Bd. 8.
1918. Schwerz, F. Tierreste aus La Tène. Anat. Anzeiger. Bd. 50.
1907. Siegfried, H. Die Rinderschädelfunde von Pasquart und deren Stellung zu den subfossilen und rezenten Rinderrassen. Abh. Schweiz. palaeont. Ges. Bd. 34.
1883. Studer, Th. Die Thierwelt in den Pfahlbauten des Bielersees. Mitteil. naturf. Ges. Bern 1882.
1884. Studer, Th. Nachtrag zu dem Aufsatz „Über die Thierwelt in den Pfahlbauten des Bielersees". Mitteil. naturf. Ges. Bern. 1884.
1896. Studer, Th. Die Tierreste aus den pleistocaenen Ablagerungen des Schweizersbildes bei Schaffhausen. N. Denkschr. Schweiz. naturf. Ges. Bd. 35.

1899. Studer, Th. Entwicklung der Hausthierzucht bei den Pfahlbauern. Corresp.-Bl. Deutsch. anthrop. Ges. Bericht der III. gemeinsamen und XXX allg. Vers. in Lindau.

1901. Studer, Th. Die prähistorischen Hunde in ihrer Beziehung zu den gegenwärtig lebenden Rassen. Abh. Schweiz. palaeont. Ges. Vol. 28.

1892. Tscherski, J. D. Wissenschaftliche Resultate der v. d. kais. Ak. d. Wiss. zur Erforschung des Janalandes und der neusibirischen Inseln in den Jahren 1885 und 1886 ausgesandten Expedition. Abt. IV. Beschreibung d. Sammlung posttertiärer Säugetiere. Mém. Ac. St. Petersburg. VII^e sér. t. 40.

1915. Tschumi, O. und Vouga, P. Einführung in die Vorgeschichte der Schweiz. Bern. Veröffentl. d. Schweiz. Ges. f. Urgeschichte.

Über Wesen, Alter und Ursachen der Gesteinsmetamorphosen in Graubünden.

Von

RUDOLF STAUB.

(Als Manuskript eingegangen am 26. Januar 1920).

Die Gesteinsmetamorphose gehört zu den ältesten und gewaltigsten Problemen der geologischen Wissenschaft. Grossartig und geheimnisvoll zugleich erscheinen dem menschlichen Geiste die tiefgreifenden Veränderungen der toten Materie, die sich uns in den kristallinen Schiefern aller Zeiten auf dem ganzen Erdball offenbaren. Das Rätsel der Gesteinsmetamorphose hat schon die ältesten Pioniere unserer Wissenschaft in weitgehendem Masse beschäftigt, und wenn wir in der Geschichte des Metamorphismus blättern, so finden wir darin fast die Geschichte der gesamten Geologie.

Aus phantastischen Anfängen strebte auch hier der menschliche Geist zu immer präziseren Formen und Vorstellungen; die stetsfort wachsenden Erkenntnisse auf dem Gebiete der Chemie und der Physik brachten auch den Problemen der Gesteinsmetamorphose eine immer fester werdende und immer noch sich vertiefende Grundlage. Aber der Weg der Erkenntnis war wie auf anderen Gebieten der Geologie ein langer, der Aufstieg ein viel gewundener und dornenvoller, und dankbar und stolz blicken wir heute auf die lange Reihe jener Männer zurück, die ihre ganze Schaffenskraft der Lösung dieses grossartigen Problems gewidmet haben; von Hutton, Lyell, Elie de Beaumont und Durocher bis auf die Metamorphiker unserer Tage: Michel-Lévy, Termier, Alb. Heim, Becke, Sederholm und endlich Grubenmann.

Wir kennen heute die Ursachen des gewaltigen Phänomens, wir wissen, dass es eine allgemeine Erscheinung und als solche durchaus natürlich ist. Wir kennen die verschiedenen Arten der Metamorphose, wir wissen dieselben reinlich zu scheiden und deren verschiedene Ursachen zu erkennen. Diese Ursachen aber sind nicht nur in rein theoretisch gefolgerten physikalisch-chemischen Tatsachen zu suchen,

wie dies heute so oft getrieben wird, sondern diese Ursachen sollen gesucht werden in der geologischen Geschichte, im tatsächlichen Werden des Ganzen. Dies aber ist wiederum nur möglich bei einer genauen und bis ins Einzelne gehenden Kenntnis des gesamten Gebirgsbaues einer Region, und das Studium der kristallinen Schiefer führt daher wie selten ein Problem Geologie und Petrographie zusammen. Nur ein gegenseitiges Verstehen dieser beiden Wissenszweige, nur ein Suchen nach Zusammenhängen zwischen heutiger Tektonik, geologischer Geschichte und Metamorphose kann für die Deutung der letzteren letzten Endes fruchtbringend sein, und die physikalisch-chemischen Forschungen und Folgerungen bleiben ohne die geologisch-tektonische Grundlage ein Ding ohne Leben, ein blosses Gerüst an Stelle eines behaglichen Baues.

Die Kenntnis der geologischen Geschichte, und insbesondere der Tektonik eines Gebietes, ist für das wahre Verständnis seiner Metamorphosen von hervorragender Wichtigkeit. Dabei darf es sich keineswegs nur um lokale Studien handeln, sondern Bau und Geschichte des grossen Ganzen müssen dazu in Betracht gezogen werden. Die Fortschritte in der Erkenntnis und Deutung der Metamorphosen eines Gebietes sind also in letzter Linie abhängig von den Fortschritten in der Erkenntnis von Bau und Geschichte dieses ganzen Distriktes. Die kristallinen Schiefer eines Gebietes sind nicht zu verstehen ohne die genaue Kenntnis der geologischen Geschichte desselben. Erst das Studium der Tektonik, der Stratigraphie, der geologischen Geschichte einer Region führt zum richtigen Verständnis seiner metamorphen Gesteine.

Die metamorphen Gesteine eines Gebietes tragen den Stempel seiner Geschichte. Die verschiedenen Ereignisse derselben äussern sich in den Produkten der Metamorphose, und aus diesen Metamorphosen können wir umgekehrt auch auf Geschehnisse schliessen, die uns sonst vielleicht nicht bekannt geworden wären. Metamorphose, Tektonik und geologische Geschichte eines Gebietes sind untrennbar miteinander verbunden. Die Geschichte eines Gebirges spiegelt sich in seinen kristallinen Schiefern in vollendeter Klarheit wieder. Dies an einem konkreten Beispiel zu zeigen, sei unter anderm auch der Sinn der vorliegenden Studie.

*

Die Gesteinsmetamorphosen Graubündens[1]) zerfallen zunächst in

[1]) Unter „Graubünden“ verstehen wir hier, geologisch überhaupt, nur das Gebiet der eigentlichen „Rhätischen Alpen“ südlich des Vorderrheins; Aarmassiv und helvetisches Gebiet fallen daher hier ausser Betracht.

ihre über die ganze Welt bekannten Hauptgruppen: Kontaktmetamorphose, Regionalmetamorphose und Dislokations- oder Dynamometamorphose. Die Kontaktmetamorphose ist beschränkt auf die Umgebung der Intrusivzentren, sie kann nach Art und Alter, nach Ursachen und Wirkungen weiter gegliedert werden. Die Regionalmetamorphose erlangt als die eigentliche universelle Trägerin der Gesteinsveränderungen weitaus die grösste Bedeutung. Ihre Produkte ordnen sich deutlich nach Tiefenstufen. Die Grubenmannschen Zonen der Metamorphose, geordnet nach Beträgen der Temperatur und des Druckes, sie finden sich in der regionalen Metamorphose am reinsten ausgeprägt; sie beherrschen dieselbe in uneingeschränkter Weise. Zwar liegen die Verhältnisse in Graubünden keineswegs so einfach, sie sind durch eine Reihe von Nebenereignissen, wie spätere Dislokationen, spätere Intrusionen, tektonische Umwälzungen usw. beeinflusst, und es wird einer der grössten Reize der vorliegenden Untersuchungen bleiben, diese Anomalien aufzudecken und zu erklären. Zu diesem Zwecke werden wir die regionalmetamorphen Schiefer Graubündens in ihrer tektonischen Verteilung auf ihren Tiefencharakter prüfen müssen. Wir werden die Gebiete der Metamorphose höherer Temperatur von denen tieferer Temperatur, mit einem Wort, wir werden die kristallinen Schiefer Graubündens nach ihren Tiefenstufen scheiden müssen in solche der obersten, der mittleren und der untersten Zone der Metamorphose, in Epi-, Meso- und Katagesteine. Deren tektonische Verbreitung wird zu studieren sein, und daraus werden wir auf Ursachen, Alter, Geschwindigkeit, Intensität der Metamorphosen kommen. Die Abhängigkeit vom Gebirgsbau wird sich deutlich zeigen, aber ebensosehr auch deren Grenzen. — Die Dislokationsmetamorphosen endlich sind gleichfalls zu gliedern nach Alter, Tiefenstufen und Bedeutung, nach mehr chemischer und mehr mechanischer Wirkung hin.

Ich bin mir wohl bewusst, dass all dies nur ein Versuch ist, die Erscheinungen der Metamorphose in einem tektonisch so verwickelten Gebiet auf dessen Geschichte zurückzuführen, und ich weiss wohl, dass daran noch viel zu feilen und zu arbeiten sein wird. Aber die geologischen Untersuchungen der letzten Jahre haben den Gebirgsbau Graubündens und den Charakter seiner kristallinen Schiefer in solchem Masse aufgedeckt, dass ich glaube, die Zeit sei gekommen, um die Zusammenhänge zwischen Gebirgsbau und Metamorphosen einmal etwas näher ins Auge zn fassen.

Das bleibende Verdienst U. Grubenmanns ist es vor Allem, wenn wir uns heute im Gebiete der kristallinen Schiefer mit jener

Sicherheit bewegen können, die allein ein ernsteres Studium derselben überhaupt möglich macht. U. Grubenmann hat auch zuerst meine Aufmerksamkeit auf die kristallinen Schiefer Graubündens gelenkt. Ihm sei daher zu seinem 70. Geburtstage in herzlicher Dankbarkeit auch die vorliegende Studie gewidmet.

*

Das Studium der Gesteinsmetamorphosen Graubündens ist untrennbar verknüpft mit der Erkenntnis der tektonischen Gliederung dieses Landes. Eine Darstellung der Metamorphosen ohne Berücksichtigung der tektonischen Verhältnisse würde zu völlig verkehrten Schlüssen führen, zu Schlüssen, die oft auch den physikalisch-chemischen Gesetzen widersprechen würden. Die Kenntnis der grossen tektonischen Züge Graubündens ist daher für das Verständnis der Gesteinsmetamorphosen eine unerlässliche Vorbedingung, und so sei denn im Folgenden kurz der tektonische Bau Graubündens skizziert.

Der Gebirgsbau Graubündens.

Die Untersuchungen der letzten Jahre haben den tektonischen Grundplan der kristallinen Alpen bis in alle Einzelheiten enthüllt; derselbe kann bis in kleine Details hinein als völlig gesichert gelten. Deckenbau beherrscht das ganze Alpengebirge, und in besonders grossartigem Maßstabe auch Graubünden. Die dortigen Untersuchungen haben gezeigt, dass wir es dort nicht nur mit einigen wenigen, relativ schmächtigen tektonischen Bauelementen zu tun haben, sondern mit einer ganzen Anzahl riesiger Faltenkörper, die bis auf 100 km und mehr von Süden gegen Norden in Form gewaltiger Decken übereinander geschoben worden sind. Lägen diese enormen Gesteinskörper in ihrem Streichen horizontal, nichts würde uns vom Vorhandensein derselben in solcher Zahl berichten. Das axiale Fallen aber bewirkt, dass an einem Ort die tieferen Elemente entblösst sind, dieselben in den benachbarten Gebieten aber allmählich untersinken und darüber die höheren tektonischen Einheiten erscheinen. Das axiale Gefälle der Decken erst ermöglicht uns deren gewaltige Gliederung. Was am einen Ort schon längst durch Abtrag verschwunden ist, das sehen wir dank dem Axialgefälle am andern erhalten, was dort unter den höheren Einheiten begraben liegt, und nur hie und da in Fenstern erscheint, das sehen wir anderswo dank dem axialen Steigen der Bauelemente als Ganzes ans Tageslicht emporsteigen. Dass über solchen axialen Wölbungen der Decken, in denen die tieferen Elemente des Baues zum Vorschein kommen, die

höheren Decken tatsächlich gleichfalls vorhanden waren, zeigt deutlich die Tatsache, dass dieselben an den Rändern solcher Kulminationen, zu beiden Seiten derselben, in gleicher Fazies und gleicher Reihenfolge, mit denselben tektonischen Besonderheiten, eine nach der andern wieder erscheinen. Das Deckenprofil Wallis-Graubünden steht in dieser Beziehung an Klarheit und Eindringlichkeit wohl einzig da.

Dank diesem axialen Fallen können wir die Mächtigkeit der einzelnen Decken, und damit auch die Mächtigkeit des ganzen Deckengebäudes bestimmen. Dieselbe beträgt allein für die Decken der Westalpen 25—30 km: für die Decken Graubündens aber kommen wir zu Zahlen von über 40, bis auf 50 km. Die Gesteine unserer Decken lagen also in zum Teil enormen Tiefen.

Dieses gewaltige und tief in die Erdrinde versenkte System der alpinen Decken der Zentralalpen teilen wir in zwei grosse Gruppen ein; eine obere ostalpine, und eine untere penninische. Die penninischen Decken gliedern wir von unten nach oben wie folgt:

in Graubünden:	im Wallis:
I. die Simanodecke,	die Antigoriodecke,
II. die Valsojadecke,	die Lebendundecke,
III. die untere Aduladecke (Carassina),	die Monteleonedecke,
IV. die obere Aduladecke (Rheinwaldd.),	die Bernharddecke,
V. die Tambo-Surettadecke,	die Monterosadecke,
VI. die Margnadecke.	die Dentblanchedecke.

Die Teilelemente der ostalpinen Decken sind von unten nach oben:

VII. die Selladecke,
VIII. die Errdecke,
IX. die Berninadecke,
X. die Languarddecke,
XI. die Campodecke,
XII. die Silvrettadecke.

Die tektonischen Elemente Graubündens zerfallen also in zwei grosse Hauptgruppen, eine obere und eine untere. Lässt sich nun zunächst in der Metamorphose der Bündner Gesteine eine dieser tektonischen Gliederung konforme metamorphe Tiefengliederung durchführen? Zur Beantwortung dieser Frage genügt es, die typischen Gesteinsgesellschaften der bündnerischen Decken kurz zu betrachten, und wir gehen daher über zur

Verteilung der kristallinen Schiefer in den Decken Bündens.

Die Simplondecken des Tessins als die tiefsten Bauelemente unserer Alpen zeigen auch in ihren Gesteinen, und zwar in

allen, den Charakter einer tieferen Metamorphose. Gegenüber den oberen Decken herrschen hier die Mineralien höherer Temperatur; Gesteine, die den oberen Decken fehlen, rücken hier in den Vordergrund. So führen die Dolomite der Trias oft reichlich Phlogopit, Biotit und Tremolit, auch Granat, Skapolith und Wollastonit; die Bündnerschiefer gleichfalls. Gneise und Glimmerschiefer sind rein kristalloblastisch, Biotit ist der herrschende Glimmer, die Feldspäte sind unzersetzt. Die basischen Gesteine sind meist als Peridotite und Amphibolite vorhanden, Grünschiefer und Serpentine fehlen fast völlig, und die Lavezgesteine des Pecciatales stehen mit ihrer eigentümlichen, an tiefere Zonen erinnernden Mineralkombination, speziell ihrem Antophyllitgehalt, in den ganzen Alpen einzig da.

Gehen wir höher hinauf, so sehen wir in der Adula die Biotite allmählich verschwinden; die Grünglimmergneise werden herrschend. Die braunen Biotitschiefer verschwinden gleichfalls; helle Muskovit- und Sericitschiefer mit vorzüglich grünen Farben treten an ihre Stelle. Die Dolomite der Trias zeigen weder Biotit, noch Tremolit, noch Wollastonit mehr, sie führen nur noch Quarz, Feldspat und Muskovit. Die mannigfachen Schistes lustrés des Tessins verschwinden, einfachere Kalkphyllite und Kalkglimmerschiefer treten an ihre Stelle, und die Ophiolithe sind bereits schon als Epiamphibolite entwickelt.

In den höheren Decken des Oberengadins endlich beobachten wir, wenn wir zunächst von den tieferen Teilen der Margnadecke absehen, den allmählichen Übergang aus den Gesteinen der Mesozone der kristallinen Schiefer in solche der reinen Epizone. Aus den Mesogneisen der Malojaserie, den Mesokalkglimmerschiefern der Zone von Fex, den Dolomitmarmoren am Silsersee, gelangen wir hinauf in die Epidotchloritschiefer und Serpentine der Fexer Ophiolithzone und endlich in die gewaltigen Mylonitregionen der unterostalpinen Decken. Der Epicharakter ist hier ein absolut reiner. Die mechanische Gesteinsmetamorphose mit Zertrümmerung, Kataklase, Mylonitbildung herrscht vollständig, die Biotitgesteine fehlen bis auf verschwindend kleine Ausnahmen, Amphibolite sind eine Seltenheit. Die carbonischen Intrusiva sind hochgradig epimetamorph, deren Feldspäte sericitisiert und saussuritisiert, ihre Glimmer sind übergegangen in Chlorite, die Hornblenden in sekundären Strahlstein, Chlorit, Epidot. Statt der Gneise und Glimmerschiefer der penninischen Zone finden wir hier reine Phyllite von typischem Epicharakter; Mineralien tieferer Zonen, höherer Temperatur suchen wir hier vergebens, wenn nicht lokalisiert am Rand der grossen Eruptivgebilde. Natürlich gibt es auch hier einzelne Ausnahmen; so finden wir noch Augite in den

Dioriten des Berninastockes, wir finden Biotit und Granat in deren Kontakthöfen, aber als Ganzes betrachtet zeigt diese Region gegenüber den Tiefen des Tessins einen entschiedenen Epicharakter.

Wir haben also aus den tiefsten tektonischen Elementen des Tessins bis in die Decken des Berninagebirges im Grossen einen allmählichen Übergang von einer Zone höherer Temperaturen zu einer solchen von niedrigen, wir haben einen Übergang von einer Metamorphose der Tiefe zu einer solchen der Oberfläche, von einer Metamorphose im Sinne der Katazone zu einer solchen der Epizone. Im grossen Ganzen zeigen die obersten in Betracht gezogenen Decken die Metamorphose der Epizone, die mittleren die der Meso-, die tiefsten die der Katazone.[1]) Den tiefen Gneisen des Tessins, den hochmetamorphen Trias- und Liasgesteinen desselben stehen die Epigesteine der Casannaschiefer, die Mylonite und die normalen Sedimente der Berninaregion scharf gegenüber; in den mittleren penninischen Decken dagegen finden wir die vermittelnden Übergänge der Mesozone.

Gleiches beobachten wir auch in den Wurzelzonen der alpinen Decken im südlichen Tessin und im Veltlin und Piemont, besonders deutlich an den mesozoischen Muldenzügen derselben. Trias und Lias der oberen Decken sind auch hier nicht oder kaum metamorph, die gleichen Schichtglieder der tieferen Decken aber wurden zu hochkristallinen Marmoren und Kalksilikatfelsen umgeprägt. Es sei hier nur an den gewaltigen Gegensatz zwischen den normalen Dolomiten des Joriozuges und den Marmoren von Castione erinnert.

Es scheint sich also auf den ersten Blick, wenn wir in Einzelheiten nicht eindringen, ein erstes scheinbares Gesetz herauszukristallisieren: die tiefsten tektonischen Einheiten zeigen auch die Metamorphose der tiefsten Zone, in ihnen herrschen die Katagesteine;[1]) die oberen tektonischen Glieder hingegen weisen den Charakter der typischen Epizone auf, Katagesteine und überhaupt solche tieferer Zonen scheinen dort zu fehlen. Dieser Satz wäre gleichbedeutend mit der Erkenntnis,

---

[1]) Hier und im Folgenden wird der Ausdruck „Katagesteine“ und „Katazone“ stets nicht bloss in rein absolutem, sondern, was für uns hier wichtiger ist, in relativem Sinne gebraucht, und dasselbe gilt für „Epigesteine“ und „Epizone“. Die „Mesometamorphose“ als vermittelnden Übergang werden wir in den meisten Fällen nicht mehr besonders erwähnen. Lokal im Sinne der obersten Zone, z. B. kataklastisch, umgeprägte Gesteine der Katazone werden trotz dieser vielfach deutlichen Übereinanderprägung zweier verschiedener Metamorphosen stets doch als Katagesteine aufgeführt.

dass die Metamorphose unserer alpinen Gesteine in der Hauptsache tertiären Alters sei, denn sie hätte die jetzige Lagerung der Gesteine bereits zur Voraussetzung.

Nähere Untersuchungen aber zeigen, dass dieser Schluss, wenigstens in seiner uneingeschränkten Form, grundfalsch ist. Denn wenn wir die kristallinen Schiefer Graubündens näher untersuchen und ihre tektonische Lage gegen einander studieren, so kommen wir zu merklich anderen Resultaten.

Die reinen Epigesteine scheinen allerdings in der Hauptsache auf die oberen Decken beschränkt zu sein, sie fehlen den unteren fast ganz, sie sind dort nur an ganz junge Dislokationen gebunden. Aber die Katagesteine sind keineswegs nur auf die tieferen Decken beschränkt. Im Gegenteil, wir finden in den höheren Decken Graubündens eine ganze Menge ausgezeichneter Katatypen, die der tiefen Tessiner Region fehlen. So sehen wir in der Margnadecke, hoch über den Epigesteinen der Malojaserie, über den Grünschiefern von Casaccia, den Serpentinen von Val Malenco eine gewaltige Masse von Katagesteinen mit Granat, Andalusit, Sillimanit, Biotit, die sogenannten Kinzigite, daneben Pyroxenquarzite, Kalksilikathornfelse, Silikatmarmore. Eine völlige Umkehr der Zonenfolge: unten Epi, oben Kata. Anstatt umgekehrt. Dasselbe wiederholt sich in den unterostalpinen Decken. Den Epigesteinen der Berninadecke liegen die Mesogesteine des Piz Languard, den Epigesteinen der Berninalanguarddecke die Katagesteine der Campodecke als höhere Einheit auf. Im Puschlav liegen die Kinzigite mit Cordierit, Andalusit, Sillimanit, Granat, Biotit, Staurolith, die Silikatmarmore mit Pyroxen, Titanit und Granat, die kaum veränderten Gabbros hoch über den einförmigen Epigesteinen der Casannaschiefer. Die Katagesteine bilden die Gipfel der Berge, die Epigesteine den Talgrund. Auch hier also die gleiche Umkehr der Zonen. Selbst in der höchsten uns bekannten tektonischen Einheit Graubündens, der Silvretta, fehlen die Katagesteine keineswegs, im Gegenteil, die Biotitgneise, die Andalusitgesteine, die massigen Amphibolite, die Eklogite, sie herrschen an Masse weit über die Gesteine der Epizone. Auch hier eine unbegreifliche Verwirrung der Tiefenstufen der Metamorphose.

Schon dieser kurze Überblick zeigt uns, dass die Metamorphose der kristallinen Schiefer einer so kompliziert gebauten Region absolut keine einheitliche ist. Wir müssen vielmehr, wollen wir nicht die Gesetze der Mineralbildung und damit die Gesetze der physikalischen Chemie für ungültig erklären, andere Auswege suchen. Ein näheres Eindringen in die Verbreitung der kristallinen Schiefer und

in die Einzelheiten ihrer Metamorphose in den Deckengebieten Graubündens wird uns solche zeigen. Wir wollen daher im Folgenden die einzelnen Gebiete und Metamorphosen an sich näher betrachten und dieselben miteinander vergleichen. Um die Sache zu vereinfachen, behandeln wir zunächst die örtlich beschränkten Kontaktmetamorphosen Graubündens, darauf die Erscheinungen der Dislokationsmetamorphosen, und erst, nachdem diese Anomalien ausgeschaltet sind, können wir mit Erfolg an das Studium der regionalen Metamorphose herantreten.

Die Kontaktmetamorphosen Graubündens.

Bis vor Kurzem standen in Graubünden die Kontaktmetamorphosen nur ganz vereinzelt da. Erst die Untersuchungen der letzten 10 Jahre schafften auch hier Wandel. Wir kennen heute in Graubünden eine stattliche Reihe von Kontaktmetamorphosen von verschiedenem Alter, an verschiedenen Intrusivkörpern, an einer ganzen Reihe von davon betroffenen Gesteinen. Früher schienen die Anzeichen einer Kontaktmetamorphose in den Alpen nur verschwindend klein, man glaubte die Erscheinungen derselben vernachlässigen zu können. Heute aber fängt die Kontaktmetamorphose an, in den alpinen kristallinen Schiefern eine immer grösser werdende Rolle zu spielen, heute erkennen wir die grosse Bedeutung, die der Kontakt in den alpinen Metamorphosen gespielt hat, immer mehr. Die Entdeckung des tertiären Bergellermassives und seiner Kontakterscheinungen eröffnen dem Studium der Kontaktmetamorphosen in Graubünden eine neue Ära. Hier wie nirgends auf der ganzen Erde können wir die Erscheinungen der Kontaktmetamorphose, der Metamorphosen überhaupt, auf so engbeschränktem Gebiet in all ihren Eigenheiten und Gesetzmässigkeiten studieren, haben wir doch dank der tiefgreifenden Erosion und dem gewaltigen Axialgefälle der Schieferhülle Gelegenheit, neben dem Kontakt in den höheren Teilen der Erdrinde auch den Kontakt der grossen Tiefen am selben Beispiel in seiner ganzen fundamentalen Verschiedenheit kennen zu lernen. Hier vielleicht auch wie nirgends sonst erkennen wir den tiefen Zusammenhang zwischen Kontakt- und Regionalmetamorphose, die in den grossen Tiefen miteinander verschmelzen, und hier endlich auch werden wir allmählich auf die Mechanik der gewaltigen Vorgänge in den magmatischen Tiefen, die zur Intrusion der batholithischen Körper führen, geleitet werden. Die Erscheinungen der Kontaktmetamorphosen in Graubünden haben also heute ungeahnte Wichtigkeit erlangt, und wir wollen deshalb dieselben etwas einlässlicher studieren.

Unter Kontaktmetamorphose verstehen wir sowohl die Veränderungen des Nebengesteins bei der Berührung oder in der Nähe des magmatischen Körpers wie auch die Veränderungen, die das Magma bei der Berührung mit dem Nebengestein als solches erlitten hat. Wir sprechen von einer exogenen und einer endogenen Kontaktmetamorphose. Beide Arten sind gewöhnlich enge miteinander verknüpft, Magma und Nebengestein treten miteinander in gegenseitige Reaktion. Beispiele für beide Fälle sind in Graubünden nun recht zahlreich geworden.

Die Kontaktmetamorphosen Graubündens können wir einteilen nach ihrem Alter. Wir kennen eine tertiäre Kontaktmetamorphose am Bergellermassiv und seinen tessinischen Ausläufern, wir kennen Kontaktmetamorphosen an den mesozoischen Ophiolithen, den Pietre verdi, wir kennen solche aber auch an den alten Intrusivkörpern des Grundgebirges, wie an den carbonischen Stöcken des Berninagebirges oder am Rofnaporphyr, oder endlich gar an den noch älteren Eruptivgneisen der Silvretta oder der Campodecke.

Vier Kontaktmetamorphosen von verschiedenem Alter sind heute in Graubünden sicher gestellt, und wir wollen nun dieselben kurz in ihren Hauptzügen betrachten. Bei weitem am schönsten und klarsten zeigen sich die Erscheinungen des Kontaktes selbstverständlich an den jungen tertiären Massiven. Die tertiären Kontaktmetamorphosen sind daher für das Verständnis der älteren unbedingt wegleitend, und wir wollen dieselben deshalb auch etwas ausführlicher behandeln.

Die Kontaktmetamorphosen am Bergellermassiv.

Die Intrusion des Bergellermassivs fällt ins Tertiär, seine definitive Mise en place ins untere Miocän. Seine Granite, Tonalite, Diorite treten in Kontakt mit allen möglichen Gesteinen der alpinen Decken, mit altkristallinen Schiefern des vortriadischen Grundgebirges, mit Trias- und Liasgesteinen, mit jüngeren basischen Intrusiven, den Pietre verdi. Die Zahl der so entstandenen Kontaktgesteine ist also demgemäss eine ausserordentlich grosse, die Gliederung derselben eine überaus reiche. Wir beobachten den Kontakt an alten Gneisen, Quarziten, Glimmerschiefern, Phylliten, an alten Amphiboliten und Serpentinen, dann an den Graphitphylliten des Carbons, an Quarziten und bunten Mergeln, an Dolomiten, Kalken, Rauhwacken und Tonschiefern der Trias, wir sehen die jurassischen Schistes lustrés in all ihren petrographischen Typen an den Granit heranstreichen: Kalkschiefer, Marmore, Tonschiefer, Mergel werden von demselben metamorphosiert, und schliesslich die ganze Reihe der Pietre verdi von

den Prasiniten und Amphiboliten bis zum Serpentin. Die alpine Tektonik hat hier dem Granit eine überreiche Auswahl des Stoffes zur Bearbeitung überlassen, und es wird noch einige Zeit vergehen, bis wir über alle einzelnen petrographischen Typen der Bergeller Kontaktgesteine alles Wünschenswerte wissen werden. Ich will auch keineswegs meinen Darlegungen in den „Beiträgen zur geologischen Karte der Schweiz“ vorgreifen, und nur einige besonders markante Punkte etwas beleuchten.

Durchaus verschieden verhalten sich zunächst die verschiedenen Teile des Intrusivkörpers: die höheren Partien desselben zeigen im Vergleich zu den tieferen, die Randzonen im Vergleich zu den untergesunkenen Schollen, nur ganz geringe Kontaktmetamorphose. Die Gipfelregion ist bei weitem nicht so reich an Kontaktgesteinen und nicht so variabel wie die Tiefen der Täler. Die Umwandlung ist in der Tiefe die grössere gewesen. Die Höhendifferenzen von über 2000 m, die uns innerhalb der Granitmassen aufgeschlossen sind, sie spiegeln sich bereits wieder in der Art und Intensität der kontaktlichen Veränderungen. Die Kontakthöfe sind in der Tiefe grösser, die Stoffzufuhren, die Ummineralisierung, auch die strukturellen Änderungen viel bedeutender. Ein Dolomit der Trias, der am Ostrand des Massivs durch Kontakt nur umkristallisiert wurde in grobkörnigen Dolomitmarmor, und wo die stofflichen Veränderungen mit Ausnahme ganz geringer Beträge am Kontakt selbst nur auf die Klüfte, wo die magmatischen Gase leichter zirkulieren konnten, beschränkt waren, ein solcher Dolomit wird in den tiefern Teilen des Granitkörpers, im Bergell, ganz anders umgewandelt. Es bleibt keineswegs nur bei strukturellen Änderungen, bei einer blossen Umkristallisation, sondern weitgehende Ummineralisation und starke Stoffzufuhr aus dem Magma wird hier zur Regel. Die Dolomite gehen oft in ihrer ganzen Breite über in Diopsid- und Granatfelse, mit Vesuvian und Titanit, mit Hornblenden, mit Feldspäten, mit Skapolith, mit Füllmassen von Quarz. Die Zufuhr von Kieselsäure ist eine ganz enorme, die Diopsidfelse erreichen Kieselsäuremengen bis zu 55 %. Eine stärkere Zufuhr von Alkalien in diese Karbonatgesteine scheint hingegen nicht stattgefunden zu haben, die Alkalimengen der Triashornfelse sind verschwindend klein. Hingegen sind die Zufuhren von Eisen- und Titanverbindungen wiederum etwas bedeutender gewesen.

Ganz ähnlich verhalten sich auch die anderen Gesteine, die mit dem Bergellergranit in Kontakt treten. Im Osten und in der Gipfelregion bleibt es im Allgemeinen bei blosser Umkristallisation der

Amphibolite, der Glimmerschiefer und Gneise; im Westen und in der Tiefe dagegen finden wir weitgehende Ummineralisation, Stoffzufuhr, Injektion und Einschmelzungen. Die Amphibolite gehen über in Diopsid-, Augit- und Granatgesteine von massiger Textur, die Gneise und Glimmerschiefer werden zu hochkristallinen Injektionsgneisen.

Dieses gegensätzliche Verhalten von Ost- und Westflanke des Massivs hat seinen Grund aber nicht nur in den verschiedenen topographischen Höhen, trotzdem dieselben keineswegs zu vernachlässigen sind. Der Hauptgrund liegt in der Tektonik der vom Massiv durchbrochenen Deckengebiete. Dank dem axialen Fallen wissen wir, dass wir im Bergell viel tiefer im alpinen Deckengebäude stecken als am Ostrand des Massivs zwischen Masino und dem Murettopass. Im Bergell sind wir in den tieferen Decken, im Fornogebiet aber in den höheren. Die mit dem Granit in der Bondasca oder in Val Codera in Kontakt tretenden Schiefer lagen schon primär in viel grösseren Tiefen als diejenigen, die der Granit im Fornogebiet getroffen hat. Die Codera-, Bondasca- und Bergellergesteine lagen einige Kilometer tiefer in der Erdrinde, als die des Fornogebietes, die verschiedenen Teile der Schieferhülle wurden also bei ganz verschiedenen Temperaturen metamorphosiert. Die der tieferen Decken bei höheren, die der höheren Decken bei tieferen Temperaturen. Zu den Differenzen in der topographischen Tiefe im Massiv treten die noch gewaltigeren Höhendifferenzen tektonischer Natur, und diese scheinen mir in der Hauptsache die scharfe Verschiedenheit der Intensität des Kontaktes in den verschiedenen Teilen des gleichen Massivs verursacht zu haben, die wir heute im Bergell so auffallend zutage treten sehen.

Wir hätten also im Bergell nicht nur eine Variation des Kontaktes mit zunehmender Entfernung vom Intrusivgestein, wir hätten eine viel grössere Differenzierung desselben nach verschiedener Tiefe in der Erdrinde. In grösseren Tiefen derselben kräftigere Kontaktmetamorphose, in geringeren Tiefen schwächere. Die Kontaktmetamorphose folgt hier genau den Gesetzen der allgemeinen Metamorphose, sie ist abhängig von Tiefenstufen. Die Abhängigkeit der Kontaktgesteine von der Tiefe ihres Bildungsortes ist oft grösser als die Abhängigkeit von der direkten Entfernung vom Magma. Die Tiefenstufen der Metamorphose, die Einteilung nach Zonen im Sinne Grubenmanns, ist auch bei der eigentlichen Kontaktmetamorphose von höchster Bedeutung. Die Intensität des Kontaktes richtet sich in erster Linie nach der Tiefenstufe, in der das betroffene Gestein bei seiner Metamor-

phose lag. Wir können die Bergeller Kontaktmetamorphosen daher im Sinne Grubenmanns einteilen in eine tiefere Kata- und eine höhere Epizone; wir können von einem Katakontakt und einem Epikontakt der Bergellergesteine reden. Den Katakontakt finden wir nur in den tieferen tektonischen Einheiten, in welchen zugleich auch die tieferen Teile des Batholithen aufgeschlossen sind, vor allem also im Bergell selbst und in Val Codera, den Epikontakt hingegen in den höheren Decken und den Gipfelregionen, insbesondere am Ostrand des Massivs. Die Bezeichnungen Katakontakt und Epikontakt sind nicht gleichbedeutend mit innerem und äusserem Kontakthof, denn wir können sowohl beim Kata- wie beim Epikontakt immer noch einen äusseren und einen inneren Teil mit verschiedener Intensität des Phänomens an jeder einzelnen Stelle beobachten. So haben wir im Epikontakt der Trias z. B. einen äusseren Kontakthof von reinen Dolomitmarmoren mit blosser Umkristallisation, der durch Aufnahme von Silikaten allmählich übergeht in einen schmalen inneren Kontakthof von Tremolit- und Diopsidfelsen. Das Charakteristikum des Epikontaktes ist die geringe Mächtigkeit des ganzen Kontakthofes, der Übergang vom Intrusivgestein zum normalen Dolomit z. B. vollzieht sich hier auf ganz kurze Strecke. Ganz anders der Katakontakt. Hier fällt oft die ganze Mächtigkeit der dolomitischen Trias in den inneren Kontakthof, auch noch bei grösserer Entfernung vom Granit, und der äussere folgt erst in einem anderen Gestein. Oder der grösste Teil der Triasdolomite ist in Granatdiopsidfelse umgewandelt, der kleinere äussere dagegen in Epidotfels. Oft liegt die ganze Trias in Form von hochkristallinen Kontakthornfelsen wie Diopsid-, Granat- oder Vesuvianfelsen vor, der Kontakt erreicht aber auch gleichzeitig noch die weiter entfernten Triasquarzite oder gar die Casannaschiefer und verliert sich erst in jenen. Endlich wird die halbe Casannaschieferserie des Grundgebirges, in der Bondasca sogar die ganze, und schliesslich diejenige verschiedener Decken von der Kontaktmetamorphose gleichmässig ergriffen, der Katakontakt reicht in seiner Wirksamkeit durch alle Gesteine verschiedener tektonischer Einheiten. In der Bondasca ergreift derselbe die altkristallinen Gesteine der Aduladecke, er verändert die mesozoischen Grüngesteine von Chiavenna, er dringt endlich noch weit in die altkristallinen Schiefer der nächsten Einheit, der Tambodecke vor. Der Katakontakt erzeugt hier riesige Kontakthöfe von mehreren Kilometern Mächtigkeit, er umhüllt das Massiv auf weite Strecken, bis über den Tessin hinaus, mit einer gewaltigen Injektions- und Einschmelzzone. Die Umwandlung erstreckt sich nicht

mehr nur auf einzelne mit dem Massiv in unmittelbaren Kontakt tretende Gesteine, sondern ganze Gesteinszüge, ganze tektonische Zonen, ganze Deckenkomplexe unterliegen derselben. Die einheitliche Injektion und Einschmelzung der kristallinen Schiefer der Tambo- und der Aduladecke samt der tiefgreifenden Umwandlung des ganzen Serpentinzuges von Chiavenna in der Bondasca sind grossartige Beispiele solchen Katakontaktes, und Ähnliches kennen wir ja seit Langem in noch grösserem Maßstabe aus den Wurzelgebieten der Umgebung von Bellinzona.

Die Gesamtheit der Kontaktmetamorphosen am Bergellermassiv können wir also mit Sicherheit gliedern in einen Katakontakt und einen Epikontakt, d. h. in einen solchen der grossen Tiefen und einen der höheren Regionen der Erdrinde. Das Bergellermassiv zeigt in einzigartiger Weise die enge Verknüpfung dieser beiden Arten der Kontaktwirkung, es zeigt an einer prachtvollen Skala den allmählichen Übergang von den Metamorphosen der Tiefe zu denen der Oberfläche. Die tektonischen Tiefen seiner Schieferhülle im Gesamtkörper der Alpen spiegeln sich dabei in wunderbarer Weise wieder in der verschiedenen Intensität der Metamorphose, die ihre Gesteine am Massiv erlitten haben. Am Bergellermassiv lassen sich die Kontakterscheinungen eines magmatischen Körpers in all ihrer Mannigfaltigkeit von den höheren Zonen der Erdrinde bis in die grossen Tiefen der Injektion und der Einschmelzung hinab studieren, im Bergellermassiv finden wir daher auch die Lösung mancher scheinbar launenhafter Widersprüche in Art und Wesen des magmatischen Kontaktes.

Wie verhalten sich nun all die mannigfaltigen Gesteine der Schieferhülle, die im Bergell mit dem jungen Granit in Kontakt getreten sind?

Die alten Orthogesteine, die Augengneise der Deckenkerne, erleiden im Epikontakt nur spärliche Umkristallisation, die meist nicht einmal die ursprüngliche Schieferung zu verwischen imstande ist, und die das Gestein im Handstück oft kaum von normalen Typen unterscheiden lässt. Im Katakontakt treffen wir Injektion und weitgehende Umschmelzung, wir treffen oft reine Übergänge zwischen jungem Granit und altem Gneis. — Die Paragesteine, insbesondere die Glimmerschiefer der altkristallinen Serie, sind gleichfalls im Epikontakt wenig empfindlich, sie zeigen meist nur Sammelkristallisation; am Kontakt selbst hingegen findet sich meist Anreicherung von Biotit und Sillimanit, auch Granat. Turmalin und Orthit treten hie und da in diesen Mineralbestand ein. Andalusit ist seltener, er erreicht nur ausnahmsweise makroskopische Grössen. Der Übergang

zum Katakontakt vollzieht sich in stärker werdender Umkristallisation, grobblättrige Biotitschiefer werden häufig, der Sillimanitgehalt wird grösser, Granat erscheint in grösseren Mengen, in Val Codera fand Cornelius Cordierit, Bronzit und Sapphirin, und endlich kommt auch hiezu die Injektion und allgemeine Ein- und Umschmelzung. Die alten Amphibolite der Deckenkerne erleiden zunächst eine Vergröberung des Korns, sie werden zu mehr massigen Amphibolittypen, später stellen sich Pyroxene und Granat ein, die Gesteine werden grobkörnig wie Pegmatite, die einzelnen Mineralien derselben erlangen Grössen von Zentimetern. Am reinen Katakontakt endlich wird das basische Gestein allmählich völlig aufgelöst, es kristallisiert dabei vor seiner endgültigen Aufschmelzung im Magma zu massigen dioritartigen Gesteinen um. Die Serpentine der altkristallinen Schiefer endlich werden zu Peridotiten, Olivinfelsen und Pyroxeniten, auch Tremolitfelsen rückverwandelt, im Katakontakt tritt gleichfalls Injektion und Auflösung dazu.

Ganz verschieden verhalten sich die Gesteine der Trias. Die Quarzite des Buntsandsteins zeigen sowohl im Kata- wie im Epikontakt meist blosse Umkristallisation, sie werden zu reinen Quarzhornfelsen mit wundervoller Pflasterstruktur umgeprägt. In Fällen stärkerer Metamorphose finden wir die Quarzite lagenweise injiciert mit Feldspatmaterial; Phlogopite, Turmaline kommen dazu. Im allgemeinen aber bleibt der Quarzit aber eben doch ein Quarzit. Ganz anders die Mergel des Röth, die gleichfalls in den Granitkontakt am Fornogletscher treten. Sie werden gemäss ihrem chemisch unsteten Charakter zu mannigfaltigen, sehr variablen Granat-, Hornblende-, Diopsid- und Biotitgesteinen; Magnetit und Spinell treten z. T. in Massen in den Mineralbestand ein. Gewisse Magnetitgesteine dieser Region führen bis 32 % Fe_2O_3, der Titangehalt wächst gleichfalls enorm. Die chemisch variablen Mergel- und Tongesteine des Buntsandsteins geben also im Gegensatz zu dessen einförmigen Quarziten eine Reihe der verschiedenartigsten und interessantesten Kontaktgesteine.

Überaus mannigfach sind die Wirkungen des Magmas an den Dolomiten der Trias gewesen. Dolomitmarmore, Silikatmarmore mit Olivin- und Humitmineralien, mit Spinellen, Perowskit?, Diopsid, Hornblende, Epidot, Zoisit, Granat, mit Skapolith und Vesuvian, mit basischen Plagioklasen, wechseln in Epikontakt lagenweise ab; im innern Kontakthof finden wir eine schmale Zone von grobkörnigen Tremolit- und Diopsidfelsen. Der Katakontakt zeigt eine ganze Reihe der verschiedenartigsten Kalksilikatfelse, von reinen Diopsid- und Granat-

hornfelsen durch alle Übergänge und Mischungen mit Vesuvian-, Wollastonit- und Hornblendefelsen bis zu den prachtvollen grobkörnigen Epidotfelsen der äusseren Kontakthöfe. Der Wechsel des Stoffes im Triasdolomit, der Wechsel im Ton-, im Kalk-, im Eisengehalt des ursprünglichen Sedimentes, zusammen mit der Differenzierung in verschiedenen Temperaturzonen, schafft hier eine fast unerschöpfliche Fülle von Kontaktgesteinen. Die Stoffzufuhr tritt hier am deutlichsten zutage, sie ist zum Teil sehr gross.

Die gleichen Erscheinungen finden wir im Prinzip natürlich auch bei den Karbonatgesteinen der Schistes lustrés. Nur tritt der grössere Tongehalt derselben fast überall deutlich hervor. Granatgesteine mit Epidot, mit Tremolit sind hier fast durchwegs die Regel, und die alte Schieferung kommt fast überall noch zur Geltung. Sonst aber werden die Kontakttypen der Schistes lustrés, gerade im Katakontakt, denen der dolomitischen, oder gar der kalkigen Trias so ähnlich, dass eine Unterscheidung oft ausserordentlich schwierig wird. Die Hornfelse der Schistes lustrés sind aber meist viel quarzreicher als die der Trias; der primär schon vorhandene Quarz der Kalkphyllite und der Kalkglimmerschiefer hat sich eben erhalten, und nur die Karbonate derselben sind in Kalksilikate übergegangen. Es entstehen so sehr merkwürdige Gesteine, die beinahe ausschliesslich aus Quarz und „Kalksilikaten“ wie Diopsid und Granat bestehen.

Die tonigen und tonigsandigen Gesteine der Schistes lustrés, die nördlich des Bergells als grüne Phyllite, Glimmerschiefer und Gneise erscheinen, werden analog den entsprechenden Schiefern der altkristallinen Serie zu Biotitgesteinen mit Granat, Sillimanit, oft auch Andalusit, umgeprägt. Die Verbindung mit den kalkigen Schistes lustrés bleibt dabei gewahrt, sodass wir am Kontakt der Granite mit der Zone der Schistes lustrés oft die wundervollsten Profile durch Kalksilikathornfelse, Silikatmarmore, Biotitschiefer, Biotitgranatgneise usw. in zahlloser Wiederholung treffen.

Was endlich die jüngsten Gesteine der Bergeller Schieferhülle, die Ophiolithe der Schistes lustrés anbelangt, so vollzieht sich deren Metamorphose analog der der älteren basischen Gesteine in den altkristallinen Schiefern. Grünschiefer und Prasinite werden zunächst zu Amphiboliten von oft unverändertem Chemismus, dann zu Pyroxengranatfelsen, die Serpentine zu grobkörnigen Peridotiten und Pyroxeniten. Die Amphibolite werden auf weite Strecken auch injiziert. An den Kontakten geht die Schieferung verloren, es resultieren massige Hornfelse mit Granat und Pyroxen, die in Vielem an solche dolomitischer oder kalkiger Herkunft erinnern. Nur die Verfolgung

im Streichen in die unveränderten Gesteine hinaus bringt hier oft Klarheit.

Damit sind in Kürze die Phänomene des exogenen Kontaktes am Bergellermassiv skizziert. Die Mannigfaltigkeit ist eine ganz ausserordentliche, dank der eben durch die alpine Tektonik so reich gestalteten Schieferhülle. Das Massiv zeigt nun aber auch z. T. ganz ausserordentliche Erscheinungen des endogenen Kontaktes, Erscheinungen, die die Wirkung der Nebengesteine auf das eindringende Magma in oft wundervoller Weise demonstrieren. Nur einige wenige Beispiele seien davon erwähnt.

Gemäss dem sauren oder intermediären Charakter der Bergeller Intrusivgesteine ist deren Magma naturgemäss ganz besonders empfindlich gewesen auf Einwirkungen basischer Gesteine. Die Karbonatgesteine der Schistes lustrés, der Trias, die basischen Intrusiva der Ophiolithe, die alten Amphibolite und Serpentine, sie haben den Chemismus des Bergeller Magmas in oft weitgehender Weise verändert. Ja man kann sich fragen, ob gewisse Gesteinsgruppierungen der Schieferhülle nicht bestimmend gewirkt haben auf den Chemismus der intrudierenden Magmen, ob nicht grosse Teile des magmatischen Körpers erst durch weitgehende Assimilation der Nebengesteine ihren jetzigen chemischen Charakter erhalten haben. Die Lokalisierung des grössten Teiles der Tonalite des Massivs auf die Nachbarschaft der Amphibolite und Peridotite von Val Malenco und Valle Masino, das Auftreten von Tonalit- und Dioritgesteinen in der Umgebung von Amphibolitschollen im Massiv, die Verbreitung der sauren Granite hingegen in Gebieten des Kontaktes mit Gneisen und anderen sauren altkristallinen Schiefern, das alles scheint eine solche Annahme fast zur Notwendigkeit zu machen.

Im Kleinen sehen wir prachtvolle Beispiele der Assimilation, d. h. der Reaktion des Nebengesteins auf den Chemismus des Intrusivgesteins. Eine saure aplitische Randfacies des Granites mit rund 72 % SiO_2 nimmt am Kontakt mit Dolomiten und Kalken der Trias oder des Lias Kalk und Magnesium in beträchtlichen Mengen auf, verliert jedoch zusehends an Kieselsäure und Alkalien. Die saure aplitische Granitfacies geht schliesslich über in titanitreiche „Diopsidgranite“, weiter in eigentliche „Gabbrogesteine“, und endlich vollzieht sich ein fast unmerklicher Übergang zum Kalksilikatfels, der bereits dem exogenen Kontakt angehört. Ich kenne aus dem Bergell Fälle, in denen die Kieselsäure von 72 % innerhalb weniger Meter auf 49 %, die Alkalimenge von 11 % auf 3 ½ % heruntersinkt, und wo gleichzeitig der Kalkgehalt von 2 und 3 %

rasch auf 9 %, in einem extremen Falle sogar bis auf 16 % hinaufgeschnellt ist. Die Veränderungen sind also gewaltige.

An den altkristallinen Gneisen und Glimmerschiefern nimmt oft der Tonerdegehalt der Granite zu, dieselben zeigen dann einen abnormen, ihnen sonst fremden Tonerdeüberschuss. Auch abnorm kieselsäurereiche Typen entstehen dabei oft.

Bedeutender sind wiederum die Veränderungen des Magmas an basischen Gesteinen, wie Amphiboliten, Serpentinen usw. Um solche basische Schollen finden wir immer Höfe von tonalitischen und dioritischen, ja gabbroiden Gesteinen. Wo solche basischen Gesteine an den Massivrand heranstreichen, finden wir tonalitische Randfacies, an dem gewaltigen basischen Gebiet der Pietre verdi von Malenco und Masino herrschen die Tonalite vollständig, die saureren Typen, die Granite sind verdrängt. Im Streichen des Serpentinzuges von Chiavenna sehen wir in der Bondasca zwischen normalen Graniten eine schmale Zone stofflich höchst abnormer basischer Gesteine. Die basische Zone hat auch hier stark auf den Chemismus des Magmas eingewirkt. Die Kieselsäure sinkt dabei von 65 und 70 % plötzlich auf 48 %, die Alkalien von 11 auf 4 % hinab. Dafür steigen der Kalk von 2 und 3 % im normalen Granit auf 11 %, die Magnesia von 1 % auf 10 % hinauf, der Gehalt an Eisen rückt von 1½ % auf 8 % hinauf. Die Beeinflussung des Granitmagmas durch den Serpentinzug ist dadurch offenkundig dargetan. Die erwähnten Veränderungen sind streng auf das Streichen der Serpentine, resp. der Peridotite und Pyroxenite beschränkt, im Streichen der Gneise ist die Zusammensetzung des Granites die normale. Die Beeinflussung des Magmas durch das Nebengestein ist also meist eine überaus starke. Es wird in meinen petrographischen Beiträgen zur Kenntnis des Bergellermassivs darüber noch Manches zu sagen sein, ich will aber davon heute nicht mehr verraten.

Dies waren in kurzen Zügen die Haupterscheinungen der gewöhnlichen Kontaktmetamorphose im Bergell. Fast gewaltiger noch und grossartiger aber sind die Erscheinungen der Injektions- und Einschmelzmetamorphose, die das Bergellermassiv an seinem Westrande als breite Zone des Katakontaktes umgeben, und die sich regional bis in den Tessin fortsetzen. Es zeigen sich hier alle jene wundervollen Erscheinungen der allgemeinen Durchschmelzung der Gesteine, der Auf- und Umschmelzung, der Anatexis, die die nordischen Geologen, allen voran Sederholm, so meisterhaft beschrieben haben. Arterite, Migmatite, Eruptivbreccien, des weiteren alle

jene herrlichen Nebulite, in denen die letzten Spuren der Einschmelzung fester Schollen bis in zarteste wolkenartige Gebilde hinabsteigen, sie alle sind am Bergellermassiv in grossartigem Maßstabe vorhanden. Alte Glimmerschiefer, alte Gneise verschwinden allmählich im gewaltigen Granitbad, werden allmählich darin aufgelöst, resorbiert, assimiliert, und oft erkennen wir nur noch in vagen duftigen Umrissen die alten Schollen der Nebengesteine. Herrlich sind die Einschmelzungen der Amphibolite, deren Auflösung bis in alle Einzelheiten studiert werden kann, vom festen Brocken von vielen Kubikmetern bis zur feinsten wolkigen Andeutung im Granit. Hier ist natürlich der Stoffaustausch ein vollkommener, das feste Gestein wird völlig assimiliert und aufgezehrt. Die Injektions- und Einschmelzmetamorphose endet in ihrem extremen Fall mit der völligen Granitisation der Gesteine.

Granitisation, Injektion und Einschmelzung, Kata- und Epikontaktmetamorphose, sie alle sind an dem einen Bergellermassiv zu finden. Granitisation, Einschmelzung, Injektion, sind auf die tieferen Teile des Batholithen beschränkt, sie sind nur möglich in grossen tektonischen Tiefen, sie finden sich auch nur in den tieferen tektonischen Einheiten unseres Alpenkörpers. Gewöhnliche Kontaktmetamorphose stellt sich allmählich ein gegen die höheren Teile des Batholithen und der Schieferhülle, in Regionen geringerer Temperatur. Die Stoffzufuhr ist Null oder nur gering in jenen höheren Teilen, sie nimmt mit der Tiefe ständig zu, sie wird gewaltig und allgemein in den grossen Tiefen. In den höheren Teilen des Bergellermassivs erkennen wir die Kontaktmetamorphose im Sinne von Rosenbusch, ohne Stoffzufuhr, mit blosser Hitzewirkung, aber auch dort nur an Glimmerschiefern, Gneisen und Amphiboliten. In den Tiefen dagegen herrscht die durchgreifendere heftigere Kontaktmetamorphose im Sinne der französischen Schule, von Lacroix und Michel-Lévy, mit gewaltigen Stoffzufuhren und schliesslich völligem Stoffaustausch und Granitisation. Nicht einmal die ganze obere Zone, die Zone des Epikontaktes, folgt den Anschauungen von Rosenbusch, schon in den oberen Zonen ist die Stoffzufuhr auf dem Wege der Pneumatolyse eine oft ganz gewaltige. Nur Gneise, Glimmerschiefer, Quarzite und gewisse Amphibolite der Zone des Epikontaktes folgen der Regel von Rosenbusch, überall sonst ist Stoffzufuhr und Stoffaustausch die Regel. Dieselben werden stärker gegen die Tiefen zu, sie werden schwächer gegen das Dach. Beide Arten der Kontaktmetamorphosen existieren hier nebeneinander. Die Art der Kontaktmetamor-

phose richtet sich in hohem Grade nach dem betroffenen Gestein und nach der Tiefe des Kontaktes, sie vollzieht sich in den allermeisten Fällen, auch in den Zonen des Epikontaktes, unter Stoffzufuhr aus dem Magma, und Stoffabgabe an dasselbe.

Damit will ich für heute die Betrachtungen über die Kontaktmetamorphosen am Bergellermassiv schliessen. Sie zeigen bereits zur Genüge, dass wir hier ein grossartiges Lehrbeispiel vor uns haben, an dem auf kleinem Raum, innerhalb nur weniger Quadratkilometer, die Kontakterscheinungen eines magmatischen Körpers in all ihren weiten Möglichkeiten und Differenzierungen zutage treten. Die Metamorphose zeigt sich überall in völliger Klarheit, ihre Produkte sind durch keine jüngere Gebirgsbildung unkenntlich gemacht worden, sie zeigen die Frische der Jugend. Das Bergellermassiv wird dadurch zu einem klassischen Felde für das Studium der Kontaktmetamorphose werden; es ist vielleicht berufener als andere Intrusivgebiete, in viele schwebende Fragen endliche Abklärung zu bringen.

Wir brechen damit unsere Betrachtungen über die tertiären Kontaktmetamorphosen Graubündens ab. Es wären nun kurz zu streifen

Die mesozoischen Kontaktmetamorphosen Graubündens.

Der mesozoische Kontakt findet sich in Bünden ausschliesslich an den Ophiolithen der Bündnerschiefer. Serpentine, Diabase, Gabbros verändern dabei Gesteine des alten Grundgebirges, Triasdolomite, Bündnerschiefer, Radiolarite. Hier fanden sich die ersten Kontaktmetamorphosen Graubündens; Steinmann fand sie an den Bündnerschiefern, Cornelius an Gneisen, Dolomiten und Bündnerschiefern.[1]) Auch hier sind die Erscheinungen des eruptiven Kontaktes in oft seltener Schönheit entwickelt, doch erlangt diese mesozoische Kontaktmetamorphose bei weitem nicht die Bedeutung, Ausdehnung und Kraft der tertiären am grossen Bergellerstocke. Einige Beispiele mögen zur Charakterisierung dieser mesozoischen Ophiolithkontakte Graubündens dienen, deren Zahl sich ohne Zweifel von Jahr zu Jahr noch vermehren wird.

Die auffallendsten Veränderungen finden wir am Kontakt mit dem Serpentin. Die Phyllite und Gneise des altkristallinen Grundgebirges werden dabei zu merkwürdigen, petrographisch

[1]) Tarnuzzer gleichzeitig an Dolomiten.

einzig dastehenden Gesteinstypen umgewandelt: Biotitphylliten, Biotitgranatgesteinen, und endlich prachtvollen Garbenschiefern mit Alkalihornblenden und Riebeckit. Die schönsten Kontaktgesteine dieser Art hat Cornelius in der Malojaserie nördlich des Silsersees gefunden. Ähnliche Alkalihornblendegarbenschiefer kenne ich aus den Ophiolithen des Fextales und vom Septimer, Biotitphyllite aus den Serpentinkontakten am Septimer und in der Bondasca. Am Malencoserpentin sind gleichfalls eine ganze Menge kontaktmetamorpher Gneise bekannt geworden, so Hornblende- und Biotitschiefer vom Passo d'Uer im Puschlav, Diopsid-, Hornblende-, Titanit-, Klinozoisit- und Biotitgesteine von der Bocchetta delle Forbici und Fellaria im Malenco. Cornelius erwähnt ähnliche Typen vom Monte Aquanera. Überall ist eine beträchtliche Stoffzufuhr, besonders von Alkalien und Titansäure, oft auch Kalk, deutlich nachzuweisen. Die reine Hitzemetamorphose tritt auch hier in den Hintergrund.

Die schönsten mesozoischen Kontakte aber finden wir zwischen Serpentin, hie und da auch Gabbro, und den Karbonatgesteinen der Trias und des Lias. Auch hier ist die Stoffzufuhr in oft gewaltigem Masse die Regel. Die Zahl der dadurch entstandenen Typen ist auch hier eine grosse. Diopsidfelse spielen wohl die grösste Rolle als kontaktmetamorphe Vertreter der dolomitischen Trias; Vesuvian- und Tremolitfelse, Granatfelse, Silikatmarmore, Ophicalcite sind die Äquivalente der mehr kalkig-tonigen Bündnerschiefer. Die Zahl der Vorkommnisse dieser Art wächst von Jahr zu Jahr. Die bekanntesten liegen am Piz Longhin; dessen Vesuvianfelse waren schon in den 80er Jahren eine Berühmtheit Graubündens. Cornelius fand dann dieselben im ganzen Ophiolithgebiete zwischen Septimer und dem Silsersee in grosser Zahl und Variation. Jenseits des Silsersees konnte ich gleichfalls eine ganze Menge solcher Ophiolithkontakte an Trias und Lias finden, desgleichen im Malenco und im Puschlav, überall von der gleichen charakteristischen Zusammensetzung wie am Piz Longhin; besonders interessant sind die Andraditfelse vom Silvaplanersee. Vor zwei Jahren fand ich weitere Gesteine des Ophiolithkontaktes, darunter prachtvolle Marmore voll blauer Alkalihornblenden, westlich vom Septimer an verschiedenen Orten, an der Forcellina, im Val Maroz und an den Gletscherhörnern, am Grat zwischen Maroz und Avers, im vergangenen Jahr wiederum eine ganze Menge am Stallerberg bei Bivio[1]), in Val Bercla und am Piz Platta.

[1]) Es handelt sich hier nicht bloss um die von Tarnuzzer entdeckten Vorkommnisse von Plang Tschuigls, sondern auch um neue, bisher unbekannte Stellen höher oben.

Aus Val Natons östlich Marmels im Oberhalbstein sind sie mir gleichfalls bekannt. Überall die gleiche charakteristische Gesellschaft von Diopsid-, Vesuvian-, Tremolit- nnd Granatfelsen, von Klinozoisit- und Epidotgesteinen, von Silikatmarmoren und Ophicalciten. Am Stallerberg liegen diese Gesteine als Schollen in Gabbro und Serpentin, in Val Bercla im gabbroiden Prasinit. Im Gabbro des Piz Platta liegt eine grosse Scholle von roten Radiolariten des oberen Malm, die leider noch nicht genau untersucht werden konnte. Eine Kontaktwirkung wird dabei aber fast sicher angenommen werden dürfen.

Neben diesen die südlichen Gebiete Bündens betreffenden mesozoischen Kontakten finden wir solche aber auch im nördlichen und westlichen Bünden. Roothaan erwähnt solche aus der Adula, Heydweiller aus dem Misox, Ball, Steinmann und Cadisch aus dem Gebiete von Arosa und Davos, Grubenmann und Dyhrenfurth aus dem Unterengadin.

Endlich sind von grossem Interesse einige Gesteine des Ophiolithkontaktes an den Schistes lustrés der Surettadecke, die in Kontakt mit dem Bergellermassiv treten. Wir finden dort Gesteine, die Stoffzufuhr und eine erste Kontaktmetamorphose durch die Ophiolithe erlitten haben, eine zweite aber durch den Bergellergranit. Zwei Kontaktmetamorphosen sind dort übereinander geprägt.

Im Grossen und Ganzen treten alle diese Kontakterscheinungen noch überaus deutlich zutage, sie konnten durch die mechanische Metamorphose der alpinen Faltung nicht verwischt werden. Kataklase hat allerdings in vielen Fällen die Gesteine wieder etwas umgeprägt, auch Umwandlungen im Sinne der obersten Zone machen sich hie und da geltend, aber im Grossen und Ganzen sind diese Kontaktgesteine noch ausserordentlich gut erhalten. Die mesozoische Kontaktmetamorphose hat sich also durch alle späteren Metamorphosen hindurch behauptet.

Gehen wir nun über zur

Kontaktmetamorphose der carbonischen Intrusivgesteine.

Dieselbe beschränkt sich in der Hauptsache auf einen schmalen oft unterbrochenen Saum von Kontaktbildungen um die gewaltigen Intrusivkerne der unterostalpinen Decken und des Roffnaporphyrs; an den wohl gleichaltrigen Orthogneisen der penninischen Deckenkerne tritt sie gegenüber der regionalen Metamorphose sehr zurück. Sie findet sich hingegen typisch am Rande der Monzonite und Banatite der Selladecke, am Rande der Granite der Errdecke, am Rande der mannigfaltigen gabbroiden, dioritisch-essexitischen, monzonitischen und

granitischen Gesteine der Berninadecke, um die kleineren Stöcke der Languarddecke und endlich um die mannigfachen Intrusivkörper der Campodecke im Puschlav und Veltlin. Alle diese Kontaktbildungen betreffen nur die älteren kristallinen Schiefer und in einigen Fällen das Carbon. Jüngere Sedimente waren derselben nicht mehr unterworfen.

Aus der Selladecke kennen wir am Kontakt mit Banatit und Monzonit eine Reihe von stofflich und mineralogisch anomalen Gesteinen der Casannaschieferserie. Klinozoisit, Zoisit, Epidot, Titanit, Granat, Orthit, Biotit, Hornblende, grobblättrige kurzsäulige Muscovite treten in den gewöhnlichen Mineralbestand dieser Gesteine ein, die Strukturen ändern sich am Kontakt vielfach im Sinne einer Kornvergrösserung. Die Lokalisierung dieser Gesteine auf die Kontaktzone, zusammen mit der Ausbildung einer endogenen Metamorphose in den Monzoniten macht die Deutung derselben als Kontaktgesteine der Monzonite und Banatite zur Notwendigkeit.

An den Graniten der Errdecke kennen wir am Piz Corvatsch ganz analoge Fälle. Cornelius erwähnt kontaktmetamorphe Schollen im eigentlichen Albulagranit, wo die kristallinen Schiefer zu sillimanitführenden Biotithornfelsen werden.

Die Kontaktmetamorphosen der Berninagesteine sind gleichfalls in den letzten Jahren immer mehr bekannt geworden, ich kenne eine ganze Menge stark kontaktmetamorpher Schiefereinschlüsse im Diorit, Banatit und Granit der Berninamasse, und der primäre Kontakthof derselben an den umgebenden Schiefern ist noch vielfach prachtvoll erhalten. Injektion und Einschmelzung spielen dabei eine grosse Rolle, doch fehlen auch die Erscheinungen der gewöhnlichen Kontaktmetamorphose nicht. Die gewöhnlichen Casannaschiefer nehmen in der Umgebung der Intrusiva, oder wenn sie als Schollen in denselben liegen, einen ganz fremdartigen Charakter an. Biotit, Granat, Turmalin, Strahlstein, Hornblende, Titanit reichern sich dabei an, es sei nur an die prachtvollen Schieferschollen am Piz Bernina oder am Munt Pers erinnert; daneben schafft die Injektion und Einschmelzung eine ganze Reihe höchst eigenartiger Gesteine. Die Erscheinungen des carbonischen Kontaktes sind hier noch überaus deutlich. Seine Produkte haben zwar allerdings durch spätere Regional- und Dynamometamorphose schwer gelitten, die lokale Gebundenheit an das Intrusivgestein aber vermochte keine noch so starke spätere Metamorphose zu verwischen. Dieselbe ist in uneingeschränkter Weise erhalten geblieben, und sie allein zeigt uns auch heute noch die ursprüngliche Kontaktnatur dieser Schiefer.

Auch die carbonischen Eruptivstöcke der Languarddecke zeigen die Erscheinungen des Intrusivkontaktes, und zwar sowohl solche der Einschmelzung und Injektion wie auch des gewöhnlichen Kontaktes. Dieselben sind in den meisten Fällen denen der Err- und Berninadecke analog. Dasselbe gilt von den carbonischen Intrusiva der Campodecke. Dieselben unterscheiden sich in gleicher Weise wie die Bernina-Intrusiva durch ihre Massigkeit scharf von den älteren vorcarbonischen Graniten ihrer Nachbarschaft, die alle geschiefert sind. Die Kontakterscheinungen sind hier besonders schön an dem kleinen Diorit- und Granitstock des Corno di Campo. Der Kontakt betrifft dort Glimmerschiefer und Amphibolite der altkristallinen Serie. Sie werden zu Andalusit-Granat-Cordieritgesteinen und massigen Amphibolithornfelsen umgewandelt; auch Injektion und Einschmelzung tritt dabei in die Erscheinung. Das Gleiche gilt von den Gabbros von Campocologno, und Ähnliches berichten die italienischen Geologen und Salomon von den Batholithen im oberen Veltlin, die gleichfalls hierher gehören, und die ebenfalls schöne Kontakthöfe mit Cordierit, Sillimanit, Andalusit und Biotit zeigen. Eine nähere Untersuchung derselben steht allerdings noch aus.

Nach all dem vorgebrachten können wir aber heute nicht mehr in Zweifel sein, dass eine Kontaktmetamorphose an den carbonischen Intrusiva in Graubünden tatsächlich existiert und noch in weitgehendem Masse erhalten ist.

Vielleicht gleichen Alters ist die Kontaktmetamorphose, die die alten Marmore der Fedozserie in der Margnadecke erlitten haben. Dieselben werden von Apliten durchschwärmt und sind durch dieselben hochgradig silikatisiert worden. Die Verhältnisse sind soweit bekannt, die Mannigfaltigkeit der Kontakttypen dieser alten Karbonatgesteine ist eine enorme. Man kann sich allerdings fragen, ob Kontaktmetamorphose deren Ursache war, oder ob nicht vielmehr die aplitische Injektion und damit die Silikatisierung nur eine Folge einer tiefen regionalen Metamorphose gewesen ist. Mit anderen Worten, ob nicht die Katametamorphose der ganzen Region die Ursache der aplitischen Injektion gewesen ist, statt umgekehrt diese letztere die Ursache der Metamorphose. Es scheinen mir beide Möglichkeiten an derselben Materie hier gewirkt zu haben in dem Sinn, dass die regionale Metamorphose zunächst eine aplitische Injektion, diese aber weiterhin dann Kontaktmetamorphose an der Umgebung ausgelöst habe. Wir sehen, die Verhältnisse können ausserordentlich kompliziert werden. Auf alle Fälle haben wir in der Fedozserie gleichfalls eine ältere zum mindesten carbonische

Kontaktmetamorphose zu erkennen. Das Studium der analogen Tonaleschiefer führt zu gleichen Resultaten, und ähnliche komplexe Vorgänge dürfen wir auch an den Kontakten der penninischen Orthogneise vermuten, an denen gleichfalls regionale Injektionsphänomene die grösste Rolle spielen.

*

Das genaue Studium der altkristallinen Gesteine Graubündens zusammen mit dem Studium ihrer Tektonik führt uns endlich zur Erkenntnis einer noch viel älteren altpaläozoischen Kontaktmetamorphose, die heute nur mehr rudimentär erhalten ist. Es ist die

Kontaktmetamorphose der vorcarbonischen Zeit.

Die massigen Intrusiva der unterostalpinen Decken, die Eruptivgesteine der Err- und Albulagranite, die Banatite und Monzonite der Sella, die Gesteine des Berninagebietes, die Stöcke des Puschlav und des Veltlin, sind alle gleichen Alters, sie drangen im Gefolge der hercynischen Gebirgsbildung hervor. Durch ihre Massigkeit unterscheiden sie sich deutlich von den älteren vorcarbonischen Eruptivgesteinen, die alle durchweg stark geschiefert sind. Dieselben haben die hercynische Gebirgsbildung mitgemacht, sie erlebten wahrscheinlich noch ältere Metamorphosen. Dass diese Eruptivgneise tatsächlich älter als die carbonischen Intrusiva sind, zeigen eine Menge von Stellen in der Bernina-, wie in der Languard- und Campodecke. Die alten Eruptivgneise sind zu Zonen geordnet und streichen als solche quer auf die jungcarbonischen Massive heran. Sie finden sich bereits mylonitisiert und geschiefert als Schollen in den jüngeren Massiven. Solche kennen wir besonders vom Munt Pers, vom Berninapass, aus der Gegend der Juliergranite. Sie gehören der älteren gefalteten Schieferhülle der jüngeren Massive an. Auch die Augengneise der Campodecke zeigen deutlich, dass sie mit den carbonischen Intrusiven nichts zu tun haben, dass sie gleichfalls viel älter sind.

An diesen älteren Eruptivgneisen nun, an diesen älteren vorcarbonischen Graniten, können wir gleichfalls noch eine Kontaktwirkung an ihrer Umgebung feststelllen. So finden wir hie und da vereinzelte Hornfelse und anomale Casannaschiefer am Granit von Cavaglia, wir finden Schollen des Nebengesteins in demselben, wir beobachten eine alte Randfacies. Schollenkontakt, lokale Einschmelzung und Injektion beobachten wir an den alten Augengneisen der Campodecke am Corno di Dosdè, in Valle di Campo, am Pizzo di Sena im Puschlav. Ähnliche Kontaktzonen lassen sich um den ältern Eruptivgneis der Languarddecke feststellen, und Ähn-

liches endlich an den alten Eruptivgneisen der Silvretta. Die Injektionszonen der Silvretta sind wohl kaum auf carbonische Intrusiva zurückzuführen, Analoga derselben scheinen zu fehlen, die betreffenden Gneise sind mit ziemlicher Sicherheit vorcarbonisch, wahrscheinlich noch bedeutend älter. Massige Analoga der Berninagesteine fehlen bis jetzt, die Eruptivgneise der Silvretta gleichen denen der Campodecke, sie sind zu Zügen geordnet, zusammen mit Glimmerschiefern und Amphiboliten in ein hercynisches Faltensystem gepresst. Sie sind daher älter als jene Falten, sie sind vorcarbonisch, und die Metamorphosen, die sie auf ihre Umgebung ausgeübt haben, Injektion und gewöhnlicher Kontakt, sind daher gleichfalls vorcarbonisch.

Über diese älteren und ältesten Kontaktmetamorphosen ist bis jetzt nur wenig bekannt. Sie dürften sich aber gerade in den weiten hercynischen Gebieten der Silvretta mit Erfolg weiter eruieren lassen, und dasselbe gilt von den Gebieten der Campodecke. Heute müssen wir uns mit den oben genannten bescheidenen Beispielen der vorcarbonischen Kontaktmetamorphose zufrieden geben.

*

Die Kontaktmetamorphosen Graubündens fallen nach ihrem Alter in vier verschiedene Zeiträume. Die eruptive Tätigkeit des Gebietes verteilt sich auf vier deutlich getrennte Perioden. Die erste intensive Intrusionstätigkeit fällt in die vorcarbonische Zeit, die zweite Hauptperiode finden wir am Ende des Carbons, im Gefolge der hercynischen Faltung, die dritte fällt ins späte Mesozoikum, wahrscheinlich in die Kreide, die vierte endlich erreicht ihr Maximum im Tertiär. Damit ist das verschiedene Alter der Kontaktmetamorphosen Graubündens zurückgeführt auf die verschiedenen Intrusionsperioden, die im Laufe der Zeit vom älteren Paläozoikum bis ins Tertiär unser Gebiet heimgesucht haben.

Die Kontaktmetamorphosen Graubündens sind nach ihrem Alter deutlich gegliedert.

*

Wie steht es nun mit den anderen Metamorphosen Graubündens, lässt sich auch bei den Dislokations-, bei den Regionalmetamorphosen eine ähnliche Gliederung nach dem Alter der Metamorphosen durchführen, eine Gliederung, die uns vielleicht auch auf die Ursachen derselben leiten kann? Diesen Fragen seien die nächsten Kapitel gewidmet. Wir beginnen mit den

Erscheinungen der Dislokationsmetamorphose in Graubünden.

Was ist eigentlich Dislokationsmetamorphose in Graubünden? Was gehört zu dieser heute mehr denn je so heftig umstrittenen Art der Gesteinsmetamorphose? Die einen Forscher behaupten: „le dynomamétamorphisme n'existe pas", die andern halten die grosse Mehrzahl der alpinen kristallinen Schiefer für dynamometamorphe Gesteine. Die Frage erscheint genau wie die der Kontaktmetamorphose als eine Frage der tektonischen Tiefe. In den oberen Teilen der Erdrinde vermag der gebirgsbildende Tangentialschub die Gesteine wohl zu zertrümmern, auszuwalzen, zu mylonitisieren, aber die Veränderungen des Gesteins bleiben auf strukturelle und texturelle Eigenschaften beschränkt, Neubildung von Mineralien tritt dabei sehr zurück. In den tieferen Regionen vollzieht sich die Umwandlung der Gesteine unter dem Einfluss der zunehmenden Erdwärme auf dem Wege der Umkristallisation. Das ist aber schon nicht mehr reine Dynamometamorphose, denn die Temperaturerhöhung ist eine Erscheinung regionaler allgemeiner Natur. Ummineralisierung mag hie und da vorkommen, bei reiner Dynamometamorphose aber kaum. Die Metamorphose der Bündnerschiefer im Tessin kann niemals als reine Dynamometamorphose betrachtet werden; es bliebe ja unbegreiflich, warum die Bündnerschiefer Graubündens oder die Flyschgebiete der helvetischen Alpen oder die Allgäuschiefer der Ostalpen, deren Tektonik z. T. viel schauderhafter ist, nicht auch zu solchen hochmetamorphen Gesteinen umgewandelt worden sind. In den tieferen Teilen der Erdrinde liefert die Dynamometamorphose nur mehr das richtende Moment der Stresswirkung, die Hauptsache: Umkristallisation und Ummineralisation, besorgt die regionale allgemeine Metamorphose der Tiefen.

In grosser Tiefe wird die Dynamometamorphose abgelöst durch die Regionalmetamorphose, sie tritt gegenüber derselben ganz zurück, sie verschwindet und existiert als solche eigentlich nicht mehr. Aber haben wir denn eigentlich auch bei der Dislokationsmetamorphose der oberen Zonen ein Recht, überhaupt noch von einer Metamorphose zu reden? Die Veränderungen beschränken sich ja auf solche der Struktur und Textur, die Mineralien der Gesteine werden als solche nicht oder kaum mehr umgewandelt, sie werden zertrümmert, und höchstens diese Trümmer werden dank ihrer Kleinheit umkristallisiert; von einer ummineralisierenden eigentlichen Metamorphose aber können wir nicht mehr reden. „Le dynamométamorphisme ne transforme pas, il déforme seulement." Das ist der Standpunkt Termiers, des

ausgezeichneten Kenners der alpinen kristallinen Schiefer. Solange wir unter Metamorphose allerdings nur jene der Ummineralisation verstehen, hat Termier mit seinem Satz: „le dynamométamorphisme n'existe pas", vollständig recht. Wir müssen aber doch metamorph auch ein Gestein nennen, das auch nur in seiner Struktur oder Textur durch irgend einen Vorgang verändert worden ist. Ein Mylonit eines Granites oder eines Quarzporphyrs ist doch ein ganz anderes Gestein als ein Granit oder ein Quarzporphyr, das Gestein hat also doch eine neue Form angenommen. Ein Mylonit ist also bereits ein metamorphes Gestein. Ein Gestein allerdings, in dem Veränderungen der Struktur und Textur, Zertrümmerung, Deformation, die Hauptrolle spielen, aber nichtsdestoweniger ein Gestein, das keinen ursprünglichen Charakter mehr hat und deshalb metamorph genannt werden muss. Der Dynamometamorphismus existiert, aber nur in der Form der mechanischen Gesteinsmetamorphose, der Mylonitisierung. Gegen die Tiefe zu verliert sich der Dynamometamorphismus allmählich in der allgemeinen regionalen Metamorphose eines Gebietes; er existiert nur in den höheren Teilen der Erdrinde, in den tieferen ist er unlösbar mit dem regionalen Metamorphismus verschmolzen.

Die Frage nach dem Alter der Dislokationsmetamorphosen Graubündens wird also eigentlich zu einer solchen nach dem Alter der Graubündner Mylonite. Als solche aber ist sie viel leichter zu beantworten als irgend eine andere Frage der Metamorphose.

Wir unterscheiden heute in Graubünden zum Mindesten vier verschiedenartige Mylonitgruppen.

Die jüngste Mylonitisierung ist jungtertiären Alters. Sie ergreift noch die miocänen Granite und Tonalite des Bergellermassives, sie ergreift auch die Kontaktgesteine an vielen Orten, sie ergreift die Injektionszonen. Ihre Wirkungen sind aber nur äusserst gering, sie beschränken sich lediglich auf allerlei kataklastische Erscheinungen, und die eigentlichen Mylonite sind selten. Diese jüngste Dislokationsmetamorphose ist die Folge der allerletzten Phasen der Alpenfaltung, der letzten spätinsubrischen Schübe.

Die zweite und grösste Mylonitisierungsphase fällt zusammen mit der Hauptalpenfaltung. Sie ist älter als die Intrusion der Bergeller Gesteine, sie äussert sich an allen alpinen Gesteinen der oberen Decken. In den unteren macht sie einer weitgehenden Regionalmetamorphose Platz. Die mechanische Gesteinsumformung tritt daher in den oberen Decken Graubündens grossartig in Erscheinung. Hier ist das Reich der Mylonite aller Art. Besonders

grossartig ist die Mylonitisierung der carbonischen massigen Eruptivgesteine in den unterostalpinen Decken des Berninagebirges, die zu völlig ebenen plattigen Systemen ausgewalzt worden sind. Daneben kennen wir eine Mylonitisierung der penninischen Gneise, wie z. B. der Malojagesteine, der Roffnaporphyre, der Tambogneise, eine solche der Ophiolithe, besonders der Serpentine und Gabbros, der Grünschiefer, der mesozoischen Sedimente, ja wir kennen endlich eine Mylonitisierung ganzer Deckensysteme in gewaltigem Maßstab. Die Marmorisierung des Averser Weissberges, des Piz Alv, des Sassalbo, des Tremoggia gehört gleichfalls hierher. Die lange Dauer der alpinen Gebirgsbildung, die wir ja nun durch das Mesozoikum bis zum tertiären Paroxysmus verfolgen können, hat die allmähliche Ausbildung solcher Mylonite begünstigt; bei schneller Bewegung wäre wohl der Zusammenhang oft verloren gegangen. Die Mylonitisierung ist z. T. älter, z. T. jünger als die Ophiolithintrusion, wie das Verhalten der Kontaktgesteine derselben und eingeschlossene Schollen in den Serpentinen zeigen. Das Phänomen der mechanischen Gesteinsmetamorphose ist hier ein ganz gewaltiges.

Eine dritte Periode starker Mylonitisierung und damit eine dritte Dynamometamorphose treffen wir am Ende der hercynischen Faltung in den ostalpinen Decken. In den Konglomeraten und Breccien des Verrucano finden wir an verschiedenen Stellen wie am Sassalbo, an der Diavolezza, an der Alp Vaüglia bei Scanfs bereits mylonitisierte Gerölle von Graniten. Dieselben mussten bereits mylonitisiert sein vor dem Perm, es sind vorpermische Mylonite. In den Kontaktzonen der Berninagesteine am Munt Pers finden wir Schollen von mylonitisierten grünen Graniten vom Cavagliatypus in den rein massigen Berninagesteinen, die ebenfalls deutlich zeigen, dass die betreffenden Granite bereits vor der Intrusion der Berninagesteine eine Mylonitisierung durchgemacht haben. Es liegt nahe, dieselbe auf das Konto der hercynischen Faltung zu setzen, d. h. in die Carbonzeit.

Eine vierte Periode endlich offenbart sich uns in den Mylonitgeröllen im Carbonkonglomerat des Sassalbo und der Albuladecke. Jene Mylonite sind nicht nur carbonischen, sondern sogar vorcarbonischen Alters. In wieweit die Augengneise der ostalpinen Decken zu diesem ältesten Mylonittypus gehören oder auch zum hercynischen, lässt sich zur Zeit noch nicht in allen Fällen mit Sicherheit sagen.

Eine Vierteilung der Mylonite Graubündens aber ist durch die Beobachtungen sichergestellt. Wir haben eine postbergellische

Dislokationsmetamorphose der letzten insubrischen Phasen der Alpenfaltung, dann eine solche der alpinen Hauptfaltung, eine solche der hercynischen Faltung im Carbon und endlich eine solche einer noch älteren Faltung, vielleicht der caledonischen, in vorcarbonischer Zeit.

Jede Faltungsperiode hat ihre Mylonite, jede ihre mechanische Gesteinsmetamorphose. Mit jeder verknüpft finden wir aber auch grosse vulkanische Erscheinungen mit Intrusionen gewaltiger Magmenkörper. Zur alpinen Periode gehört die Intrusion der Bergellergesteine, des Adamello usw., zur hercynischen die der unterostalpinen Massengesteine, zur vorcarbonischen, wohl caledonischen Faltung endlich die vorcarbonischen alten Augengneise. Nach jeder Gebirgsbildung mit Mylonitisierung folgt eine Zeit der Intrusion mit weitgehender Kontaktmetamorphose. Mechanische Gesteinsmetamorphose, Intrusion und Kontaktmetamorphose folgen einander bei jeder gebirgsbildenden Tätigkeit, die wir in den Bündner Alpen feststellen können, in immer gleicher Reihenfolge als natürliche Begleiterscheinung derselben. In den oberen Decken haben sich die alten Mylonite noch erhalten können, in den tieferen hingegen ist alles dem allgewaltigen Regionalmetamorphismus zum Opfer gefallen.

Die Dislokationsmetamorphosen Graubündens, die wir noch erkennen können, ordnen sich genau wie die Kontaktmetamorphosen in gewisse Zyklen, die in der Geschichte des Gebietes regelmässig wiederkehren. Sie lassen sich auf gleiche Art gliedern wie die Erscheinungen des eruptiven Kontaktes.

Betrachten wir nun noch die letzte Art der Metamorphosen Graubündens,

Die Regionalmetamorphosen.

Das Studium der kristallinen Schiefer Graubündens zeigt die ganze gewaltige Mannigfaltigkeit der regionalen Metamorphose. Auch hier führt die nähere Untersuchung zu einer ganzen Menge von verschiedenaltrigen Metamorphosen, und damit auf verschiedene Ursachen, die auf verschiedene Ereignisse im Werden der Alpen schliessen lassen.

Eine Art des regionalen Metamorphismus in den kristallinen Schiefern der Alpen zwischen Gotthard und Engadin haben wir schon anfangs erwähnt. Es ist jene Metamorphose, welche die tieferen Teile des alpinen Deckengebäudes ergriffen hat, und die in den oberen zu schwach war, um die älteren Metamorphosen zu überprägen. Die Epigesteine finden sich nur in den oberen Decken, sie

fehlen den tieferen. Diese Art regionaler Metamorphose ist durch den definitiven Deckenbau der Alpen bedingt, sie ist also jünger als die Alpenfaltung, sie fällt ins Tertiär. Diese Art der Regionalmetamorphose richtet sich nach den heutigen tektonischen Tiefen.

Daneben aber sehen wir hoch in der Epizone dieser jüngsten Metamorphose eine Menge von Kata- und Mesogesteinen. An der Margna liegen dieselben in Form der Fedozserie mehrere Male hoch über den Epigesteinen. Kata- und Epizone sind dort miteinander verzahnt; aber diese Verzahnung entpuppt sich bei näherem Studium als grossartige Verfaltung, deren Scharniere vortrefflich zu sehen sind. Die Umkehr der Zonen und Tiefenstufen der Metamorphose an der Margna lässt sich danach ohne Weiteres erklären. Die Katagesteine der Margna liegen in den ältesten und tiefsten Kernteilen der Margnadecke, darüber folgen Meso- und Epigesteine und endlich die nicht metamorphe mesozoische Sedimentserie. Die Katagesteine sind nur als Kerne von liegenden Falten hoch über ihre Epihülle hinaufgelangt, und glätten wir die Falten der Margnakette und die Decke selbst wieder aus, so liegen die Zonen so übereinander, wie es den Tiefenstufen entspricht, Kata unten, Epi oben, und die Anomalie ist behoben. Die Regionalmetamorphose des Margnakristallins ist also älter als die Alpenfaltung; die letzte Faltung hat die normalen Stufen der Metamorphose, die Tiefenzonen über den Haufen geworfen, sie wie gewöhnliche Gesteine einfach umgekehrt. Das gleiche Phänomen ist durch Argand schon lange aus der Dentblanchedecke des Wallis bekannt. Kata-, Meso- und Epigesteine haben sich vor der alpinen Faltung, wohl während der geosynklinalen Phase der Gebirgsbildung herausgebildet, sie wurden durch die Umwälzungen der alpinen Decken wie ältere und jüngere Gesteine verfaltet, und so finden wir heute, wie anderswo Klippen von älteren Gesteinen auf jungen, hier grossartige Klippen von Katagesteinen auf den Epigesteinen der Decke.

Den ganz gleichen Fall der lokalen Zonenumkehr, und wo wir gleichfalls bei der tektonischen Ausglättung wieder zu normalen Tiefenstufen der Zonen kommen, haben wir im Puschlav in der Campodecke. Die Katagesteine füllen den ältesten tiefsten Kern derselben, sie liegen als solche auf jungen Sedimenten und Epigesteinen, sie werden wiederum von Epigesteinen und normalen Sedimenten bedeckt. Die Tonalezone der Campodecke entspricht in dieser Hinsicht völlig der Fedozserie.[1])

[1]) Auch in der Zone von Ivrea herrschen ähnliche Verhältnisse: die Kinzigite mit Granat, Sillimanit etc. bilden den Kern derselben, gegen die mesozoischen Mulden hingegen stellen sich die Epigesteine der Casannaschiefer ein.

Wir sehen hier eine deutlich nach Tiefenstufen geordnete regionale Metamorphose, die, weil älter als die Alpenfaltung, durch dieselbe vollständig umgekehrt worden ist. Es ist eine Metamorphose nach Alter und Tiefenstufe der Gesteine, die sich in den langen Zeiten der Ruhe in den alpinen Geosynklinalen ausgebildet hat. Die ältesten Gesteine sind als die tiefsten gleichzeitig am stärksten metamorphosiert worden.

Eine dritte Art der regionalen Metamorphose richtet sich nicht nach dem Alter eines Gesteins, sie richtet sich nach dessen ursprünglicher Lage in der alpinen Geosynklinale. Das Alter einer Schicht spielt allerdings auch hier eine Rolle, die älteren Gesteine sind der Metamorphose länger unterworfen gewesen als die jüngeren, sie sind daher auch stärker metamorph, aber daneben sehen wir oft ebenso deutlich eine starke Zunahme der Metamorphose von den Gebieten der einstigen Geantiklinalen zu denen der ehemaligen Geosynklinalen hin. Auf vielen Geantiklinalen, die heute auf die Stirnen der Decken lokalisiert sind, finden wir durchwegs schwache Metamorphose im Sinne der Epizone, gehen wir aber in die geosynklinalen Teile ein und derselben Decke zurück, so nimmt der Tiefencharakter der Metamorphose zu. Die zentralen Teile einer Geosynklinale, deren grössten Tiefen, zeigen die kräftigere Metamorphose als die Gebiete der Geantiklinalen. In den zentralen Teilen einer Geosynklinale gelangen die Gesteine in grössere Erdtiefen, in höhere Temperaturen hinab als auf den emporgewölbten Geantiklinalen, und diese einfache Tatsache spiegelt sich nun auch in der Verteilung der Metamorphose in den alpinen Decken wieder. Einige wenige Beispiele mögen genügen.

Die grünen Adulagneise gehen nicht nur nach der Tiefe, gegen die Tessinerdecken hinab, über in die Biotitgneise derselben, sie gehen auch in horizontalem Sinne gegen Süden in solche über. Die kristallinen Schiefer der Aduladecke im Misox und Bergell zeigen die Metamorphose der Geosynklinale, die der Adula selbst diejenige der Geantiklinale. Die Geantiklinale der Tambo-Surettastirn hebt sich gegenüber den geosynklinalen Teilen dieser Decke in ihrem Metamorphismus scharf ab. Den Mesobiotitgesteinen der umgebenden Geosynklinalen stehen die Mylonite des Roffnaporphyrs und die Epiphyllite des Pizzo Tambo scharf gegenüber, den prachtvollen Marmoren der Trias im Avers und Bergell entsprechen an den Deckenstirnen gewöhnliche Dolomite. Die Gesamtgeantiklinale der unterostalpinen Decken zeigt gegenüber der tieferen Metamorphose in den

angrenzenden penninischen Geosynklinalen durchweg einen ausgeprägten Epicharakter. Die Bündnerschiefer der Margnadecke, der Suretta und der Adula, sie alle zeigen eine Zunahme der Metamorphose von Norden gegen Süden, von den geantiklinalen Teilen zu den Geosynklinalen hin.

Diese allgemeine Zunahme der Metamorphose von Norden gegen Süden wird durch ein anderes Moment noch verstärkt. Die alpinen Decken steigen alle gegen Süden zur Deckenscheitellinie stark an. Im Kerne dieser Antiklinale befinden wir uns nun in bedeutend grösserer Erdtiefe als nebenan im Norden und im Süden, die Metamorphose ist daher auch im Gebiete dieses Antiklinalkerns grösser als in den danebenliegenden Gebieten. Die Gebiete im Kern des Scheitels zeigen, auch wenn sie schon den höheren penninischen Decken angehören, gleichwohl noch die Metamorphose der tiefsten Decken. So finden wir im Bergell noch in der Tambodecke Biotitdolomite der Trias, und die schwachmetamorphen Bündnerschiefer und Ophiolithe der Surettadecke gehen mit der Annäherung an den Deckenscheitel gleichfalls in Biotitgesteine und tiefermetamorphe Amphibolite über.

Die Zunahme der Metamorphose von Norden gegen Süden ist daher zum Teil auch in der definitiven alpinen Tektonik begründet.

Die Regionalmetamorphosen Graubündens zerfallen also nach ihrer Entstehungsart in drei Kategorien; wir kennen eine Metamorphose nach der Tiefe im jetzigen tektonischen Bau, eine zweite nach der Tiefe in den einstigen Ablagerungsräumen der alpinen Sedimente, d. h. eine Metamorphose nach dem Alter eines Gesteins, und endlich eine dritte nach der Verteilung der Geantiklinalen und Geosynklinalen.

Wie steht es nun mit dem Alter der regionalen Metamorphosen in Graubünden?

Eine schwache Regionalmetamorphose im Sinne der obersten Zone zeigen noch ein Teil der Kontaktgesteine des Bergellermassivs und einige Gesteine des Massives selbst. Wir müssen also eine ganz schwache Regionalmetamorphose postalpiner Art postulieren. Dieselbe greift parallel dem Abtrag immer tiefer in das alpine Gebäude, sie hat die Tendenz zur allmählichen Tieferlegung der Epizone in den gesamten Alpen.

Die Metamorphose, die dieser letzten Umwandlungstendenz vorangeht, ist diejenige nach der tektonischen Tiefe des Baues. Sie fällt in das Ende der Alpenfaltung, zeigt sich aber schon vor

dem Durchbruch des Bergellermassivs tätig, denn die Temperaturverhältnisse ihrer Tiefenstufen waren bereits geregelt, als dasselbe zur Intrusion gelangte. Diese fand die verschiedenen Tiefenstufen derselben bereits vor, auf diese letztern sind ja die Verschiedenheiten seiner Kontakterscheinungen zurückzuführen. Diese zweite Regionalmetamorphose ist zwar gleichfalls postalpin, aber vorbergellisch.

Eine etwas frühere Regionalmetamorphose zeigen die Ophiolithe der Bündnerschiefer an. Dieselben wurden alle im Sinne der obersten Zone zu Epigesteinen verwandelt; die Gabbros und Diabase, die verschiedenen Porphyrite wurden zu Grünschiefern, Prasiniten, die Peridotite zu Serpentinen zu einer Zeit, da die Alpen noch keineswegs fertig waren. Erst diese Epigesteine sind dann der tertiären definitiven Alpenfaltung anheimgefallen. Die Epimetamorphose der Ophiolithe fällt also in die Anfänge der Alpenfaltung.

Als mesozoische Regionalmetamorphose müssen wir diejenige betrachten, dank welcher vor der Ophiolithintrusion die Bündnerschiefer der oberen Decken Bündens, die Triasdolomite, Quarzite und Quartenschiefer zu kristallinen Schiefern umgewandelt wurden. Um eine Dynamometamorphose handelt es sich dabei keineswegs, die betreffenden Gesteine sind im nördlichen Bünden und im Helveticum tektonisch genau so durchgearbeitet und strapaziert wie im Süden, im ostalpinen Gebirge genau so wie im penninischen, und doch ist die Metamorphose am einen Ort vorhanden, am andern nicht. Es ist dies eben die Metamorphose der penninischen Geosynklinale, und innerhalb derselben wiederum der Altersstufen, welche hier in die Erscheinung tritt. Sie ergreift zunächst die jüngsten Ablagerungen, die Bündnerschiefer, sogar die Radiolarite und Hyänenmarmore, sie ergreift aber auch, wo immer möglich auch die Trias, Dolomite und Quarzite, sie wandelt darunter selbstverständlich aber auch die altkristallinen Schiefer weiter um. Ein Teil derselben hat gewiss sein heutiges Gepräge erst im Laufe dieser mesozoischen Metamorphose erhalten, oder dasselbe wurde doch durch dieselbe immer noch wesentlich beeinflusst. Die Bündnerschiefer wurden zu Kalkphylliten, Kalkglimmerschiefern, zu Schistes lustrés, die Dolomite und Kalke der Trias zu Marmoren, die Sandsteine derselben zu Quarziten[1]), deren Mergel zu kristallinen Schiefern; die Graphitgesteine des Carbons zu Graphitphylliten und oft hochgradig metamorphen Schiefern. Die unterliegenden Gneise mögen weitgehend umkristallisiert worden sein, und

[1]) Deren Turmalingehalt ist oft bedeutend, besonders in den zentralen Teilen der penninischen Geosynklinalen, in der Monterosa-Tambo-Surettadecke. Derselbe bezeugt deutlich die Tätigkeit der „agents minéralisateurs".

in den tieferen Teilen derselben wurde deren Katacharakter verstärkt. Die Quartenschiefer wandelten sich vielerorts zu Chloritoidschiefern um, in den tieferen Teilen der Geosynklinale zu solchen mit Granat, Staurolith und Disthen. Der richtende Einfluss des alpinen Stresses soll dabei nicht in Abrede gestellt werden, derselbe war ja schon in der Geosynklinale tätig. Doch vermochte dieser allein eine solche Umwandlung der Triasgesteine gewiss nicht zu schaffen, sonst fänden wir dieselben Umwandlungen an anderen Quartenschiefern auch. Bestimmend für die Metamorphose bleibt der geosynklinale Charakter der Region, im Tessin auch die spätere tektonische Eindeckung in grosse Tiefe. Die Chloritoidschiefer des östlichen Gotthardmassivs sind so gut regionalmetamorph wie die Chloritoidgesteine in den altkristallinen Kernen der penninischen Decken im Wallis, im Piemont und im Bergell.

Neben dieser gewaltigen mesozoischen Regionalmetamorphose kennen wir nun aber auch noch ältere Gesteinsumwandlungen dieser Art. Der Abtrag des hercynischen Gebirges versetzte die Tiefengesteine der unterostalpinen Decken in die Epizone der Metamorphose, dieselben wurden seit dem Perm gewaltig epimetamorphosiert. Ein Teil dieser Metamorphose ist bereits ins Perm zu versetzen, denn schon die Gerölle von solchen Tiefengesteinen und Quarzporphyren, die wir aus dem Verrucano kennen, zeigen die Metamorphose derselben. Selbstverständlich stand dieselbe während der folgenden Zeiten nicht still, sie dauerte durch das ganze Mesozoikum, wo diese Gesteine auf den Geantiklinalen lagen, fort bis zur Alpenfaltung, die sie als bereits metamorphe Epigesteine ergriffen hat. Gerade diese Epimetamorphose der Tiefengesteine hat deren Mylonitisierung und mechanische Umformung gewaltig erleichtert, indem sie an Stelle der starren Feldspäte weichere Gemenge von Sericit und Saussurit, an Stelle der Glimmer Chlorit, an Stelle der Hornblenden Strahlstein und Chlorit, an Stelle der Pyroxene dieselben Mineralien setzte. Die Epimetamorphose der unterostalpinen Tiefengsteine beginnt im Perm, sie dauert aber auch durch das ganze Mesozoikum fort. In den Geantiklinalen der vorderen unterostalpinen Decken ist sie stärker; in den mehr geosynklinalen Teilen der Campodecke hingegen tritt sie etwas zurück, die Gesteine sind dort viel weniger verändert. Sondalo und Corno di Campo zeigen gegenüber Bernina- und Albulagesteinen beinahe unveränderte Typen.

Die Metamorphose der Casannaschiefer, ja des Altkristallinen überhaupt, ist aber noch bedeutend älter. Die Casannaschiefer und die ostalpinen Gneise sind schon in ihrem heutigen Zustand in

den Schollen vorhanden, die davon in den carbonischen Intrusivgesteinen liegen. Ihre Metamorphose ist daher bereits alt- oder gar vorkarbonisch. In den höheren Decken Graubündens und den Geantiklinalen blieben die Casannaschiefer, das kristalline Grundgebirge überhaupt, auf dieser vorcarbonischen Stufe der Metamorphose stehen, und nur die geosynklinalen Teile Graubündens, vor allem die altkristallinen Schiefer des Penninikums, und später die der tieferen Decken, führten dieselbe weiter durch das Mesozoikum und die Alpenfaltung bis ins Tertiär. Der gewaltige Unterschied zwischen ostalpinem und penninischem Casannaschiefergebiet liegt darin begründet: Darum sind die Casannaschiefer der ostalpinen Region nur so halbkristalline Gesteine, die der penninischen hingegen durchaus vollkristalline Schiefer.

Eine vorcarbonische Regionalmetamorphose zeigen auch die Gerölle in den schon genannten Carbonkonglomeraten des Sassalbo und des Albulagebietes an. Die vorkarbonischen Augengneise der Campo- und Silvretta-, auch der Languard- und Berninadecke, führen Schollen von älteren kristallinen Schiefern, und endlich finden wir in den älteren paläozoischen Marmoren der Fedozserie Marmorbreccien ebenfalls mit Brocken von noch älteren kristallinen Schiefern. Diese ältesten bestimmbaren kristallinen Schiefer Graubündens müssen daher zum mindesten altpaläozoischen Alters sein. Deren Mylonittypen stammen von einer kaledonischen, eventuell aber auch schon von einer noch älteren Faltung her. Ältere kristalline Schiefer, insbesondere solche des Archaikums, kennen wir in Graubünden nicht, wir können solche wenigstens vorderhand nicht nachweisen.

Interessant erscheint ein Vergleich der vorcarbonischen Metamorphosen im ostalpinen Gebiet. Die kristallinen Schiefer der Silvretta sind alle mit Ausnahme der Karbonschiefer Erzeugnisse der ältesten vorkarbonischen Metamorphosen. Sie zeigen im Grunde einen ausgesprochenen Katacharakter, der allerdings im Laufe der Zeiten durch mancherlei Schicksale mehr oder weniger modifiziert worden ist. Die vorcarbonischen Schiefer der Err- und Berninadecke hingegen zeigen nur reinen Epicharakter. Die Silvrettagesteine stammen nun aus dem Innern des hercynischen Gebietes, die Berninagesteine hingegen lagen mehr gegen dessen Aussenrand. Liegt nun nicht vielleicht in dieser frappanten Verschiedenheit ihrer Metamorphose ein Hinweis, dass auch hier in den äusseren geantiklinalen Teilen des älteren hercynischen Gebirges, genau wie heute in den alpinen Decken, die Epimetamorphose, in den weiter zurückliegenden geosynklinalen Teilen

des alten Hercynikums hingegen die Katametamorphose gewirkt hat? Hier handelt es sich nicht mehr um die mesozoischen posthercynischen Geosynklinalen, sondern um die prähercynischen Anlagen. Der Unterschied zwischen Kata- und Epimetamorphose in den inneren Teilen der prähercynischen Geosynklinalen gegenüber den äusseren Teilen derselben wäre dadurch gut erklärbar. Die Amphibolite der Campo- und der Silvrettadecke spielten dann die Rolle von hercynischen Ophiolithen, sie wären genau wie die alpinen auf die Geosynklinalen beschränkt, denn sie fehlen den Epizonen der Metamorphose, sie fehlen den Geantiklinalregionen. Die Verbindung der basischen Gesteine mit Kataschiefern lässt sich so verstehen. Sie findet sich nicht nur im ostalpinen Grundgebirge, sie findet sich auch wieder in den Katagebieten des Penninikums, in der Margnadecke. Die grössten Massen von Amphiboliten fallen immer zusammen mit Katagesteinen, vornehmlich Kinzigiten und alten Marmoren, sie fehlen mitsamt diesen ihren Begleitgesteinen den epimetamorphen Gebieten meist fast völlig. Ob nicht darin ein Hinweis auf die Geosynklinalnatur dieser Katakombination gegeben ist? Die weitere Forschung wird sich wohl mit diesem Problem näher zu befassen haben. Es scheint mir für die Deutung der altkristallinen Schiefer von allergrösster Wichtigkeit, würde es doch geeignet sein, etwas Licht auch in die vorhercynische älteste Geschichte unseres Landes zu bringen.

Wie dem auch sei, wir sehen, auch die regionalen Metamorphosen haben ganz verschiedenes Alter, auch sie lassen sich nach Alter und Ursachen mannigfach gliedern.

Wir wollen nun kurz die Metamorphosen Graubündens nochmals zusammenstellen und unsere Resultate verwenden zu einer

Gliederung der Metamorphosen Bündens.

Dieselben zerfallen nach Alter und Wesen in folgende Reihe:

1. Die postalpine nachbergellische Regionalmetamorphose mit Epicharakter.
2. Die postalpine nachbergellische, spätinsubrische Dislokationsmetamorphose.
3. Die tertiäre Kontaktmetamorphose am Bergellermassiv, mit Injektion und Anatexis der Tiefen.
4. Die postalpine vorbergellische Regionalmetamorphose nach den alpinen tektonischen Tiefen.
5. Die alpine Dislokationsmetamorphose oder die alpine Mylonitisierung.

6. Die alttertiäre Regionalmetamorphose der Ophiolithe.
7. Die mesozoische Kontaktmetamorphose an den Ophiolithen.
8. Die mesozoische Regionalmetamorphose.
9. Die permische Regionalmetamorphose.
10. Die obercarbonische Kontaktmetamorphose an den posthercynischen Massiven.
11. Die hercynische Dislokationsmetamorphose, die hercynische Mylonitisierung.
12. Die vorcarbonische Regionalmetamorphose.
13. Die vorcarbonische Kontaktmetamorphose.
14. Die altpaläozoische Dislokationsmetamorphose.
15. Die altpaläozoischen Regionalmetamorphosen.

Alle diese verschiedenen Metamorphosen lassen sich in unserm kleinen Alpenausschnitt nachweisen, und detailliertes Studium der altkristallinen Gebiete des ostalpinen und helvetischen Hercynikums wird wohl noch weitere Gliederung bringen. Gegenüber den bisherigen oft ziemlich einfachen Vorstellungen von den alpinen Metamorphosen bedeutet diese Zergliederung und diese Verteilung der Metamorphosen auf verschiedene Zeiträume wieder einen Schritt vorwärts, und wir wollen nun versuchen, ob nicht gewisse Gesetzmässigkeiten in der Reihenfolge der Metamorphosen immer wieder auftreten. Wenn wir die obige Tabelle genau betrachten, so finden wir darin mehrere

Zyklen der Metamorphose.

Regional-, Dislokations- und Kontaktmetamorphose haben einander in den kristallinen Schiefern Graubündens zu verschiedenen Malen abgelöst, ihre Erscheinungen wiederholen sich im Laufe der geologischen Perioden immer wieder. Ihr Auftreten hängt enge mit den geologischen Ereignissen der Geschichte Graubündens zusammen. Zeiten der ruhigen Entwicklung mit regional gleichmässiger Metamorphose wechseln mit Zeiten heftiger Gebirgsbildung, die sich in gewaltigen Dislokationsmetamorphosen äussert, und diese Gebirgsbildungen sind von jeher begleitet gewesen von stärkerem Vulkanismus, mit Intrusionen und Eruptionen, mit allen Erscheinungen des eruptiven Kontaktes. Die Zyklen der Metamorphose spiegeln die Zyklen der geschichtlichen Entwicklung. Die Metamorphose eines Gebietes zeigt dessen Geschichte, seine kristallinen Schiefer offenbaren in ihren Metamorphosen deren ganze Vergangenheit. So sehen wir die carbonische hercynische Faltung begleitet von starken Dislokationsmetamorphosen, von hercynischen Myloniten, die alpine Faltung von den alpinen Myloniten. Der her-

cynischen Faltung folgt die Berninaintrusion mit allen ihren Erscheinungen des Kontaktes, der alpinen Faltung die Bergeller Intrusion. Die vorcarbonische Kontaktmetamorphose schliesst gleichfalls einen früheren Zyklus ab von älteren paläozoischen Regional- und Dislokationsmetamorphosen, sie zeigt sich gleichfalls jünger als eine ältere Gebirgsbildung. Die Metamorphosen ordnen sich damit deutlich in regelmässige Zyklen. Auf Zeiten der Regionalmetamorphose folgen solche der Dislokationsmetamorphose, und diese werden immer abgeschlossen durch eine heftige Kontaktmetamorphose. In diesem Zyklus spiegelt sich das Werden der Gebirge überhaupt. Den Zeiten der orogenetischen Ruhe in den Geosynklinalen entspricht die Regionalmetamorphose nach der Tiefe, der darauffolgende orogenetische Paroxysmus leitet die Dislokationsmetamorphose ein, der Schluss der Gebirgsbildung endlich bringt die magmatische Intrusion und damit die Kontaktmetamorphose. Den Zyklus, den wir im alpinen System erkennen, wir finden ihn gleichfalls in derselben Reihenfolge bei den älteren Gebirgen. Der hercynische Metamorphosenzyklus ist genau derselbe wie der alpine, und für einen noch älteren kaledonischen haben wir die grössten Anhaltspunkte.

Diese Gesetzmässigkeiten zeigen uns deutlich, dass zu jeder Gebirgsbildung tatsächlich auch eine letzte Phase vulkanischer Natur gehört, und dass das Bergellermassiv in dieser Hinsicht also keine Ausnahme, sondern die Regel darstellt. Jede Gebirgsbildung löst vulkanische Tätigkeit aus, sei es nun eine solche der Tiefe mit blosser Intrusion, oder gelangte dieselbe bis zur Oberfläche, das spielt im Prinzip keine Rolle. Aber als letzte Phase der Gebirgsbildung müssen wir heute allgemein eine starke vulkanische Phase erkennen. Die Ursachen der Intrusionen und Eruptionen gehen damit auf tektonische Gründe zurück, der Vulkanismus wird zu einer regelmässigen Begleiterscheinung der Gebirgsbildung; die Intrusion der posttektonischen Batholithen, deren wir nun von jeder gebirgsbildenden Zeit eine ganze Menge kennen, ist in tektonischen Ursachen begründet. Dieselben werden später noch zu erörtern sein, wir gehen aber vorerst über zu der allgemeinen Frage über

Die geologischen Ursachen der Metamorphosen.

Zunächst liegen die Ursachen der Kontakt- und Dislokationsmetamorphosen klar zutage. Die ersteren sind zurückzuführen auf die Wirkung eines heissen magmatischen Körpers und seiner Gase

auf seine Umgebung, die letzteren auf die meist rein mechanischen Wirkungen der Gebirgsbildung. Die Ursachen der regionalen Metamorphosen aber sind verschiedener Natur. Wohl wissen wir, dass dieselben in der Einwirkung von Druck und Temperatur auf einen gegebenen Stoff liegen, wir wissen, dass sie ferner abhängt von der Menge des Lösungsmittels, von der Art desselben, von der Zufuhr von Substanzen aus tieferen Teilen der Erde, den „agents minéralisateurs“ usw. Aber alle diese physikalisch-chemischen Voraussetzungen liegen in geologisch ganz verschiedenen Möglichkeiten.

Die Intensität der regionalen Metamorphose, ja der Metamorphosen überhaupt, ist unbedingt in erster Linie eine Funktion der Tiefe, eine Funktion der Temperatur. Je höher die Temperatur, um so stärker die Umwandlung. Die höheren Teile der Erdrinde zeigen keine oder nur schwache Metamorphosen.

An was sind nun die Regionalmetamorphosen Graubündens gebunden? Wir kennen in Graubünden eine Metamorphose nach der tektonischen Tiefe; die Tiefenstufe der Metamorphose entspricht gleichzeitig der tektonischen Tiefenstufe, die metamorphe Facies ist bedingt durch die tektonische Tiefenfacies. Daneben kennen wir aber auch eine Metamorphose nach dem Alter. Je älter die Schicht, um so metamorpher ist dieselbe, die jüngsten Schichten zeigen Epi-, die mittleren Meso-, die ältesten Katacharakter. Die Metamorphose ist hier nicht wie im ersten Fall eine Funktion der tektonischen, sondern der stratigraphischen Tiefe, sie kam nicht durch tektonische, sondern durch stratigraphische Überlagerung zustande. Endlich kennen wir in Graubünden noch eine Metamorphose nach den Tiefen der Geosynklinalen. Deren Tiefen bergen stärker metamorphe Gesteine als deren Ränder. Wir haben also hier eine Metamorphose nach verschiedener Tiefe des Ablagerungsraumes und nach verschiedener stratigraphischer Überlagerung. Die Regionalmetamorphose ergreift mit Vorliebe die tiefsten Teile einer Geosynklinale. Aber die Tiefe einer Geosynklinale allein schafft noch keine regionale Metamorphose, sonst müssten wir solche ja auch in den gewaltigen Geosynklinalen des ostalpinen Gebietes, in denen die Allgäuschiefer und die Radiolarite zum Absatz kamen, finden. Es kommt hinzu noch ein anderes Moment, das ist die Zufuhr von Stoffen aus dem Untergrund, die Durchtränkung mit „agents minéralisateurs“, und diese hat sich natürlich unter den labileren Zonen der penninischen Geosynklinalen viel leichter vollzogen als unter den alten versteiften kontinentalen

Massen der ostalpinen Sedimentationsräume. Die feste Erdrinde war hier viel dicker, die Gase liefernde Magmazone viel weiter entfernt, als in der penninischen Region, die agents minéralisateurs gelangten hier bei weitem nicht so hoch hinauf wie dort, und deshalb sehen wir die penninischen Geosynklinalen hochgradig metamorphosiert, die ostalpinen aber bei gleichen Tiefen mit normalen Sedimenten gefüllt.

Keine von diesen verschiedenen Arten der Metamorphose kommt in Graubünden rein zum Ausdruck, das verschiedene Alter der Metamorphosen bringt vielmehr eine mannigfache Kombination all dieser Möglichkeiten mit sich. Die regionalen Metamorphosen Graubündens sind nicht allein auf eine gewöhnliche geosynklinale Metamorphose zurückzuführen, sondern auch auf rein tektonische wie stratigraphische Überlagerung. Die Erscheinungen der Temperaturzunahme in den Tiefen einer Geosynklinale wiederholen sich genau auch in den Tiefen des fertigen Gebirgskörpers, dort sind die Bedingungen der Metamorphose genau die gleichen. Wie in der Geosynklinale wird der tiefste Teil der Gesteine in höhere Temperaturbereiche hinabgerückt, wie in der Geosynklinale gelangen die tiefsten Gesteine in grössere Nähe der magmatischen Zone, wie in der Geosynklinale werden dieselben von den „agents minéralisateurs“ in erhöhtem Masse durchschwärmt, die Metamorphose wird dadurch in gleichem Masse gefördert.

Das Hauptgesetz ist vielleicht nicht: die regionalen Metamorphosen eines gewissen Gebietes sind an dessen Geosynklinalen gebunden, sondern das Hauptgesetz liegt darin, dass die Intensität der regionalen Metamorphosen ganz allgemein mit der Tiefe zunimmt. Ob diese Grundbedingung durch gewöhnliche stratigraphische Überlagerung, durch tektonische Eindeckung oder durch Versenkung in eine Geosynklinale zustande kommt, ist, wie wir gesehen haben, völlig gleichgültig. Das entscheidende Moment ist die Tiefe und damit die erhöhte Temperatur. Damit soll nun selbstverständlich der Druck als Faktor der Gesteinsmetamorphose keineswegs ausgeschaltet werden. Derselbe wirkt in hohem Grade orientierend auf Struktur und Mineralbestand, indem er die Mineralkombinationen kleinsten Volumens begünstigt. Aber an die Wirkung der Temperatur reicht er entfernt nicht heran.

Damit wollen wir die Diskussion über die Ursachen der regionalen Metamorphosen schliessen mit dem Satz, zu dem uns die Verfolgung des Phänomens in Graubünden gebracht hat: die Regionalmetamorphose hat verschiedene geologische Ursachen. Sowohl gewöhnliche stratigraphische Überlagerung wie tektonische

Eindeckung als auch Versenkung in eine Geosynklinale sind imstande, weitgehende Regionalmetamorphosen zu erzeugen. Die kristallinen Schiefer Graubündens zeigen uns, dass vielerorts diese drei Faktoren sich in ihrer Wirkung summieren oder kombinieren können.

Unsere Studien führen uns aber auch zu interessanten Resultaten über die

Geschwindigkeit der Metamorphose.

Wir sahen, dass die tieferen alpinen Decken in viel höherem Masse metamorph geworden sind als die höheren, es sei nur an das Verhältnis der Tessiner Decken zu denen des Engadins oder an das Aufsteigen der Tiefenmetamorphose in den Deckenscheitel erinnert. Diese Metamorphose ist abhängig vom tektonischen Bau, sie ist jünger als derselbe. Die Tiefenmetamorphose der Tessiner Decken hat sich also seit der Deckenbildung, d. h. dem Anfang des jüngeren Tertiärs vollzogen. Eine Geschwindigkeit der Metamorphose, die um so mehr überraschen muss, als uns eben trotz dieser grossen Geschwindigkeit eine ganze Menge der ältern und ältesten Metamorphosen noch bekannt sind. Die Metamorphose arbeitet aber nur in den grossen Tiefen so schnell, die höheren Teile der Erdrinde reagieren viel langsamer, und nur eben hier haben wir auch die ältesten Metamorphosen noch erhalten.

Man wäre zunächst vielleicht versucht anzunehmen, die Metamorphose des fertigen Alpenbaues sei von unten nach oben fortgeschritten, von der Tiefe zur Oberfläche, die Gesteine der Tiefen gingen allmählich in solche der Oberfläche über, die Metamorphose sei von der Kata- in die Epizone fortgeschritten. Das ist aber völlig unmöglich. Denn wenn es so wäre, so blieben die massenhaften Katagesteine der oberen Decken völlig unverständlich, sie hätten ja wie die anderen Gesteine gleichfalls epimetamorphosiert werden müssen. Die Metamorphose ging vielmehr den umgekehrten Weg, die einstigen Epigesteine der Tessiner Decken sind durch ihre Überdeckung mit den alpinen Decken erst zu ihrer heutigen Tiefenstufe gelangt, sie wurden erst im Tertiär „katametamorph“. In den oberen Decken hingegen, in der Epizone, wirkten die metamorphosierenden Kräfte nur sehr langsam, und nur dieser Epilangsamkeit der Erscheinungen ist es zu verdanken, dass wir heute noch in diesen Gebieten die älteren Katametamorphosen beobachten können. Die Geschwindigkeit der Metamorphose richtet sich also in erster Linie gleichfalls nach der Tiefe, nach der Höhe der Temperaturen.

In den Tiefen ist die Geschwindigkeit der Metamorphose eine grosse, in den höheren Teilen der Erdrinde dagegen nur sehr klein.

*

Wir haben bei der Betrachtung der Bergeller Kontaktmetamorphose gesehen, wie sich deren Intensität in erster Linie nach den Tiefen des tektonischen Baues richtet, wir haben gesehen, wie die Kontaktmetamorphose in grossen Tiefen mit der regionalen Metamorphose verschmilzt. Im Folgenden komme ich nochmals kurz auf diese Zusammenhänge zürück.

Kontaktmetamorphose und Regionalmetamorphose.

Von vielen Forschern wird die regionale Metamorphose auf eine Fernwirkung von unterirdischen Magmamassen zurückgeführt. Die gewaltigen Veränderungen der tieferen Tessiner Decken sollen z. B. auf solche Weise, durch Telekontakt erklärt werden. Es scheint mir, die Sache liege nicht ganz so. Durch die tektonische Versetzung der Gesteine in grosse Tiefen gelangen dieselben in immer höhere Temperaturen hinein. Dieselben können schliesslich so hoch werden, dass der Schmelzpunkt der Gesteine erreicht wird, sie werden aufgelöst zu einem Magma, und dieses mischt sich ohne Zweifel mit dem ursprünglichen der unterliegenden primären Magmenzonen. Dieses Magma nun übt selbstverständlich auf seine Umgebung Kontaktmetamorphose aus, es liefert seinem Hangenden gewisse „agents minéralisateurs“ zu weiterer Metamorphose, aber der Anstoss zur Bildung eines Magmas in der nahen Unterlage desselben ging doch gerade von der regionalen Metamorphose, und damit von tektonischen Ursachen aus, wie Versenkung der Gesteine in tiefe Geosynklinalen oder tektonische Überdeckung derselben durch Faltung.

Wie verhält es sich nun mit unseren Kontaktmetamorphosen Graubündens? Wir betrachten nur diejenigen der letzten Faltung. Die Bergeller Kontaktmetamorphose richtet sich deutlich nach der regionalen. Das Magma wirkte in den wärmeren tieferen Zonen viel stärker als in den kälteren oberen. Die Regionalmetamorphose war also bereits vorhanden, als das Bergellermassiv in die Höhe drang. Die regionale Metamorphose kann daher **nicht** die Folge der Kontaktmetamorphosen sein. Liegt nun nicht vielleicht in diesem tertiären Bergellermagma zu einem Teil ursprünglich ein Produkt der gewaltigen Regionalmetamorphose in den grössten Tiefen des Alpenbaues vor uns, ein palingenes Magma im Sinne Sederholms? Unsere modernen Deckenprofile durch die kristallinen Alpen zeigen

im Tessin, besonders im Deckenscheitel, tektonische Tiefen bis zu 40 und 45 km. In 40 km und mehr aber haben wir Temperaturen, die hinreichen, jedes Gestein zum Schmelzen zu bringen. Diese Aufschmelzung beobachten wir tatsächlich in den tiefsten Teilen der Tessiner Decken, und in den tiefsten Teilen des Deckenscheitels auch im Bergell. Die tiefsten Teile des alpinen Deckengebäudes wurden ganz sicher granitisiert, die Übergänge von reinem Bergellergranit z. B. in die Aufschmelz- und Injektionszonen der Bondasca und des Tessins weisen deutlich darauf hin. Wir kämen also auf diesem Wege dazu, die Anatexis, dass heisst die allgemeine Umschmelzung und Injektion der kristallinen Schiefer im Tessin und Bergell nicht in erster Linie auf eine tiefe Kontaktwirkung des tertiären Magmas zurückzuführen, sondern wir sehen in dieser Umschmelzung gerade die Entstehung oder doch die Erweiterung und Verstärkung des tertiären Magmas, dessen weitere Erstarrung uns dann die jungen Granite geliefert hat. Diese Granitisation **musste** in einem bestimmten Niveau im Alpenkörper beginnen, sie wird durch die heute bekannten tektonischen Tatsachen geradezu gefordert. Selbstverständlich hat die heutige Form des Bergellermassivs und der tertiären Massive überhaupt, mit diesen Phänomenen nichts zu tun, aber in den ersten Anfängen dieser gewaltigen vulkanischen Erscheinungen der Tiefe spielt ganz gewiss die allmähliche allgemeine Aufschmelzung der Gesteine in den grössten Tiefen des Alpenkörpers eine entscheidende Rolle. Die tiefsten Teile des Alpenkörpers gelangten durch tektonische Vorgänge in Tiefen, wo die Gesteine schmolzen, und wo eben ursprüngliche Magmazone und feste Gesteine sich berührten. Die tiefsten Gesteine des Alpenkörpers mischten sich mit dem unterliegenden primären Magma, zu einer einheitlichen Masse, die sich weiter differenzieren konnte und bei ihrer weiteren Intrusion auf ihre Umgebung ihrerseits Kontaktmetamorphose ausübte.

Die regionale Metamorphose kann also nicht in erster Linie als eine Fernwirkung unterirdischer ausgedehnter Magmenmassen aufgefasst werden; die kontaktmetamorphen Fernwirkungen sind im Gegenteil erst durch Metamorphosen regionaler Art wie eben allgemeine Aufschmelzung usw. ermöglicht worden. Kontaktmetamorphose und Regionalmetamorphose verschmelzen in grosser Tiefe, die regionale Metamorphose schafft vielfach erst die Möglichkeit einer Kontaktmetamorphose. Die Anatexis ist ein Vor-

gang, in dem die beiden Arten der Metamorphose gegenseitig tätig sind. Die eigentliche Kontaktmetamorphose aber, die auf die Umgebung der eruptiven Gebiete lokalisiert ist, entsteht erst, wenn das Magma durch irgend eine Ursache in höhere kältere Regionen gepresst wird. In den magmatischen Tiefen sind die Kontaktmetamorphosen Erscheinungen allgemein regionaler Art.

Alle diese Probleme führen uns nun endlich auch noch zum

Wesen der magmatischen Intrusion.

Auch die Intrusion eines Magmas in seine Umgebung bedeutet schliesslich nichts anderes als eine gewaltige, radikal durchgreifende Metamorphose. Die Umgebung wird zunächst verändert nach den Gesetzen der Kontaktmetamorphose, sie wird aber auch in weitgehendem Masse aufgelöst, eingeschmolzen, assimiliert. Die Zusammensetzung des Muttermagmas ändert sich dadurch konstant, die Änderungen im chemischen Bestand desselben führen zu den mannigfachen Differentiationen, die wir von allen magmatischen Körpern kennen. Die Intrusion eines Magmas bildet den höchsten Grad der Gesteinsmetamorphose, sie bedeutet die Steigerung der allgemeinen Umschmelzung der Tiefe, sie bedeutet die weitere Fortführungder Anatexis, die Übertragung der Granitisation in höhere Zonen.

Zu solchen Anschauungen führt uns das Studium des Bergellermassivs. Dasselbe greift aus den tiefen Zonen der allgemeinen Anatexis in den untersten Teilen des Alpenbaues quer hinauf durch den fertigen Alpenkörper, und gewisse Produkte seiner Magmen gelangten auch sicher als die Materialien für die Taveyanazgesteine an die Oberfläche. Die Tektonik der Bergeller Schieferhülle, ihr Alter, ihre Besonderheiten, das alles ist uns wohlbekannt wie selten die Umgebung eines Batholithen. Die gewaltigen Tiefen, die uns Erosion und axiales Fallen eröffnen, stehen wohl in der Welt ganz einzig da. Dank diesen Phänomenen und der festen Verbindung dieser Schieferhülle mit dem übrigen Alpenbau kennen wir nun die Tektonik der Gebiete der Schieferhülle vor der Intrusion ganz genau, wir können also deren Einfluss auf den Gang der Intrusion genau studieren. Dass das Magma in damals gebildete, durch die Faltung abgestaute Hohlräume vordrang, erscheint durch die tektonischen Verhältnisse der Schieferhülle vollständig ausgeschlossen, Ebenso ausgeschlossen sind aber auch klaffende Spalten oder grosse Verwerfungen, längs welchen das Magma hätte empordringen können. Nichts von alledem ist in der Bergeller Schieferhülle zu sehen, überall herrscht der ruhige nor-

male alpine Deckenbau. Auch an eine immer fortwährende Füllung der Hohlräume im Momente ihrer Bildung und weiteren Entwicklung kann nicht gedacht werden, wenigstens nicht für das Bergellermassiv als solches. Es bleibt gar keine andere Lösung übrig, als dass das Bergellermagma sich seinen Weg durch den Alpenkörper durch weitgehende Durchschmelzung desselben selbständig gebahnt habe. Etwas anderes ist heute undenkbar.

Was aber ist eine solche Durchschmelzung anderes als der höchste Grad der Metamorphose?

Ich stelle mir heute die Mise en place des Bergellermassivs kurz etwa folgendermassen vor. Der Deckenschub hatte allmählich die tieferen Teile des Alpenbaues in gewaltige Tiefen gebracht, die wir nach der Mächtigkeit desselben mit 40—50 km an gewissen Stellen bemessen können. In diesen Tiefen nun schmolzen die Gesteine allmählich, sie wurden zunächst injiciert von den unterliegenden Magmen, sie wurden endlich selber aufgeschmolzen und zu Magmen verschiedener Zusammensetzung umgearbeitet, die sich mit dem unterliegenden primären Magma weitgehend mischen konnten. Der allmähliche Übergang der Injektionsgesteine in die jungen Granite ist ja vielerorts im Bergell und Tessin direkt zu sehen. Die Alpenfaltung ging aber weiter, wie die Einschmelzung auch. Die Antiklinalen der Deckenscheitel wurden aufgefaltet, und nun entstand an jenen Stellen in der Tiefe unter dieser gewaltigen Antiklinale erster Ordnung sofortige Druckentlastung, das Magma stieg nun an diesen Stellen geringsten Druckes leichter empor, es fing an sich seinen Weg selbständig weiterzubahnen. Der Einbruch der Poebene drückte dabei die umliegenden Magmen automatisch in die Höhe, der Einbruch erhöhte also deren mechanische Aktivität. Bei dieser Auffaltung nun mögen sich allerdings auch Hohlräume abgestaut haben, in die das Magma sofort automatisch eindrang. Aber zu einer Durchschmelzung der Massen, wie wir sie heute sehen, hätte dies niemals gereicht. Das Magma muss auch eine gewaltige eigene Aktivität besessen haben, um den Durchbruch, die Durchschmelzung zu erzwingen. Der Einbruch der Poebene hat sicherlich den Druck des Magmas gegen seine Schieferhülle gewaltig gesteigert, aber das Magma muss auch gewaltige eigene Energiequellen besessen haben. Das Magma muss riesige Gasmengen zur Verfügung gehabt haben, ohne die es niemals so aktiv geworden wäre. Die durch die Alpenfaltung in die grossen Tiefen gelangten Gesteine der Oberfläche aller Art gaben aber dort gewaltige Gasmengen ab, man denke nur an H_2O und CO_2, die den Karbonat- und Tongesteinen entwichen. Und endlich mag die Gas-

zufuhr aus den tieferen primären Teilen der Magmazone selbst eine gewaltige gewesen sein, und den Gasvorrat der oberen aktiv vordringenden Teile beständig wieder ergänzt haben. Durch die Einsenkung der Epizone, die durch die Faltung unter dem Alpenkörper zustande kam, mag wohl die Magmazone zeitweise etwas hinunter gedrückt worden sein gegenüber den benachbarten seit langem ungestörten Regionen, und nun zeigte eben das Magma unter dem Gebirge die scharfe Tendenz, diese abnorme Niveaudifferenz wieder auszugleichen und emporzudringen, und zwar gerade dort, wo es den geringsten Widerstand fand, in Zonen der Druckentlastung.

All das erkärt uns aber immer noch nicht die heutige Form des Bergellermassivs. Dasselbe ist nicht ein langgestreckter Intrusivkörper entlang dem Deckengewölbe, das mag es vielleicht in der Tiefe sein, aber die Gestalt des heutigen an der Oberfläche aufgeschlossenen Massivs erscheint innerhalb des Deckengewölbes als eine völlig willkürliche. Sie wird aber verständlich, wenn wir das Magma gerade dort am höchsten aufsteigen lassen, wo es den geringsten Widerstand im Deckengebäude fand. Eine Zone geringerer Belastung sahen wir bereits in der Deckenscheitellinie, dort herrschte Druckentlastung gegenüber Norden und Süden. Druckentlastung kann aber auch im Streichen der Scheitellinie an gewissen Stellen in höherem Masse zur Geltung gekommen sein als anderswo. So sind gewisse Deckengebiete durch Querfaltung viel tiefer in die Erdrinde versenkt als andere benachbarte, unter ihnen war der Druck auf das liegende Magma viel grösser als in den Nachbargebieten. Die Gebiete östlich unseres Massivs liegen nun gerade durch Querfaltung viel tiefer als die westlich davon. Es erscheint also gerade das Gebiet des heutigen Massivs gegenüber seiner östlichen Nachbarschaft als ein grosses Feld der Druckentlastung. Theoretisch wäre dieselbe zwar im Tessin unter den grossen Kulminationen am grössten gewesen, aber die Schwere der tief verankerten östlichen Scholle hatte eben nur die Kraft, das Magma bloss in ihrer nächsten Umgebung, eben im Bergell, emporzujagen, und nur gerade dort ihm die nötige schaffende Kraft zur Durchschmelzung zu geben.

Wir sehen das Bergellermassiv an der Stelle, wo die Druckverhältnisse der über dem Magma liegenden festen Schollen am raschesten gewechselt haben. Oestlich der Querfalten der Murettogegend bedeutende Versenkung der Erdrinde, grosser Druck auf die unten liegenden Magmenmassen, westlich

davon grosse Druckentlastung, also Empordringen des Magmas und gewaltige Durchschmelzung im Bergell. Die Tektonik hat auch hier den Weg gewiesen.

Die Tektonik schaffte zunächst grosse Teile des Magmas, sie wiederum machte es aktionsfähig, sie weist demselben in letzter Linie auch seinen Weg.

Wie steht es nun mit dem Mechanismus der Mise en place des Bergellermassivs? Wie arbeitet sich das Magma in solcher Weise quer durch tausende von Metern festen Gesteins empor, wie vollzieht sich im Einzelnen diese grandiose höchste Potenz einer Metamorphose?

Das Magma ist an die Stelle früherer fester Gesteine getreten. Es nimmt deren Platz ein. Eine Verdrängung derselben durch Aufwölbung des Daches ist heute entschieden zurückzuweisen, das Magma hat sich seinen Weg vollständig quer durch den festen Gesteinskörper hindurchgefressen. Es bleibt heute keine andere Möglichkeit, als in diesen Batholithen, wie schon Suess das getan hat, riesige Durchschmelzkörper zu sehen. Die Mise en place eines Batholithen geschieht durch Aufschmelzen des Daches, durch Durchschmelzung der Umgebung.

Für die Mise en place des Bergellermassivs scheint mir nur eine solche Durchschmelzung des ganzen alpinen Deckengebäudes heute noch in Frage zu kommen. Wie ging dieselbe im einzelnen vor sich? Nach all meinen Erfahrungen trifft Daly mit seiner „overhead-stopping"-Hypothese auch für das Bergellermassiv das Richtige. Dalys Hypothese erklärt auch im Bergellermassiv alles. Das Magma wurde durch Vorgänge hydrostatischer Natur gegen sein Dach gepresst, es trat mit demselben in heftige Reaktion. An den Berührungsstellen von festem Gestein und flüssigem Magma bildeten sich grosse Temperatur- und Spannungsdifferenzen, dieselben verursachten schliesslich klaffende Spalten, die sich sofort mit Magma füllten. Das Spiel geht weiter, die Spalten erweitern sich, endlich werden grosse Stücke des Daches losgebrochen und versinken im Magma, in der Tiefe werden sie aufgelöst und assimiliert. Durch Losbrechen von Schollen schafft sich das Magma seinen Platz, die Aufschmelzung der Schollen aber findet erst in grösseren Tiefen statt. Auf diese Art verstehen wir auch das öftere Fehlen der Assimilationsprodukte am Kontakte selbst. Die Assimilation erfolgt eben erst in grösserer Tiefe, sie kann dem menschlichen Auge oft völlig verborgen bleiben. Die einbrechenden schmelzenden Schollen bedingen eine Volumenvergrösserung des Magmas und heben damit auch auf diese Weise dessen Aktivität. Auf

diese Art bahnt sich der Batholith seinen Weg in die höheren Sphären der Erdrinde und kann so bis an die Oberfläche gelangen.

Das Losbrechen von Schollen, das Untersinken derselben, die allmähliche Assimilation solcher Schollen in der Tiefe, das alles lässt sich am Bergellermassiv an herrlichen Beispielen studieren.

Die Mise en place eines Batholithen vollzieht sich durch eine gewaltige Durchschmelzung, die aber zunächst mit einer mechanischen Lostrennung des Daches einsetzt, und erst in den grossen Tiefen der Magmenkammer sich vollendet. Die Assimilation erfolgt zumeist in der Tiefe.

Betrachten wir nun endlich noch kurz das Verhältnis zwischen

Assimilation und Differentiation.

Viele Petrographen streiten sich noch heute über die grössere Wichtigkeit der einen oder der anderen Erscheinung. Einige negieren die Assimilation vollständig, andere führen alle Differentiation auf Einflüsse der Assimilation zurück. Die Sache ist doch eigentlich so einfach als möglich. Eine Assimilation ist heute durch geologische und petrographische Studien an Tausenden von Beispielen erwiesen, ohne Assimilation ist die mise en place eines Batholithen in den meisten Fällen überhaupt nicht denkbar. Der Batholith konnte ja seinen Platz überhaupt nur einnehmen „par digestion", durch Verdauung, Verarbeitung, Auflösung der festen Hülle. Eine Assimilation existiert daher unter allen Umständen, und sie muss oft gewaltige Beträge erreicht haben. Dass wir die Mischprodukte von ursprünglichem Magma und Nebengestein nicht öfter sehen, hat seinen Grund eben darin, dass die Assimilationsvorgänge in grosser Tiefe stattfinden. Und ist übrigens die regionale Einschmelzung, die Anatexis, nicht ein gewaltiger Vorgang der Assimilation? Ein Vorgang, den heute wohl niemand mehr bezweifelt, der die Arbeiten der französischen Schule, der nordischen Geologen, Sederholms vor allem, verfolgt und studiert hat. Die Assimilation spielt eine ganz bedeutende Rolle in der Geschichte eines Magmas.

Damit aber wird die Wirkung der weiteren Differentiation eines solchen ursprünglich gemischten Magmas absolut nicht in Frage gestellt oder geleugnet. Assimilation und Differentiation sind nur verschiedene Phasen im Gestaltungsprozess eines magmatischen Körpers. Die Assimilation verändert die Gesamtzusammensetzung des Magmas, sie schafft erst ein gewisses Magma von vielleicht mittlerer Zusammensetzung zwischen ursprünglichem Magma und Nebengestein, dieses Magma aber unterliegt wie jedes ursprüngliche gleichfalls den

Gesetzen der Differentiation. Differentiation und Assimilation sind keine entgegengesetzten, einander ausschliessenden Prozesse, sie helfen einander, sie ergänzen sich gegenseitig. So kann die Assimilation durch Störung des Gleichgewichtes im Magma die Differentiation desselben einleiten, so kann die Differentiation durch Ausscheiden einer Gasphase den oberen Teilen eines Batholithen erneute Aktivität geben, sodass dadurch wieder umgekehrt die Assimilation gefördert wird.

In den Intrusivgebieten Graubündens finden wir stets Assimilation und Differentiation eng verknüpft. Eine Reihe von Tatsachen lässt sich aus dem Zusammenwirken beider Faktoren verstehen. Die Lokalisierung der Tonalite im Bergell auf die Nachbarschaft basischer Zonen, das Fehlen derselben an den sauren Teilen der Schieferhülle, zeigt weitgehenden Einfluss der Assimilation. Die älteren Tonalitausscheidungen aber, die wir im Zentrum des Massives kennen, z. T. nur mehr als Schollen, sie zeigen uns die Produkte der Differentiation. Auch im Berninagebirge arbeiten Differentiation und Assimilation einander in die Hände. Der basische Kern im Zentrum der Masse und die sauren Ränder derselben lassen sich sowohl durch Differentiation mit basischem Zentrum und saurem Rand wie auch durch Assimilation der sauren Schieferhüllen an den Rändern des an sich intermediären Massivs erklären. Eine Assimilation hat sicher stattgefunden, sie lässt sich auch z. T. chemisch nachweisen. Daneben aber sehen wir im Berninagebirge eine Eruptionsfolge von Massengesteinen, die nur durch gesetzmässige Differentiation zustande gekommen sein kann, eine Differentiation, die in weitgehendem Masse nach den Gesetzen der Kristallisationsfolge verläuft.

Differentiation und Assimilation sind also bei den Vorgängen in magmatischen Körpern von gleich hoher Bedeutung, sie beide bedingen schliesslich die endlichen Endprodukte eines erstarrenden Magmas.

*

Unsere Betrachtungen über die Metamorphosen Graubündens haben uns von den sonnbeglänzten Gipfeln unserer Berge bis hinab in die dunklen Tiefen der Erde geführt, bis hinab in jenes geheimnisvolle Innere der Erde, wo ein feurigflüssiger Zustand den festen ablöst. Dies zeigt nur wieder, wie enorm mannigfaltig und ohne Ende die Probleme sind, zu denen uns die moderne Lehre von den Gesteinsmetamorphosen führt. Mechanische Auswalzung, Zertrümmerung und Mylonitisierung, Umkristallisation und Ummineralisation,

Injektion und Einschmelzung, Anatexis, und schliesslich Intrusion und Assimilation samt der ganzen magmatischen Differentiation, das alles sind nur verschiedene Stadien des einen universellen Prozesses der Metamorphose. All das ist nur der Ausdruck verschiedener Tiefen, in denen dieselbe in Wirkung trat, alle diese an sich so grossartigen Erscheinungen sind eben letzten Endes nur Differenzierungen des einen gewaltigen Vorganges der Gesteinsmetamorphose.

Benutzte Literatur.

1. O. Ampferer und W. Hammer, Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu zum Gardasee. Jahrb. k. k. geol. Reichanstalt 1911.
2. E. Argand, Carte géologique du massif de la Dent Blanche. Mat. carte géol. Suisse, n. s. XXIII, carte spéciale n° 52, 1908.
3. — L'exploration géologique des Alpes Pennines Centrales. Bull. Lab. Géol. etc. Université Lausanne, n° 14, 1909.
4. — Les Nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux. Matér. carte géol. Suisse, nouv. sér. livr. XXXI. 1911.
5. — Les Nappes de recouvrement des Alpes occidentales. ibid., livr. XXVII, Carte spéciale 64 et coupes 1911.
6. — Sur les plis transversaux des Alpes occidentales et sur la tectonique du Tessin septentrional, Soc. neuchâtel. sciences nat. 1915.
7. — Sur l'arc des Alpes occidentales. Ecl. geol. Helv. Vol. XIV, 1916.
8. J. Cadisch, W. Leupold, H. Eugster, R. Brauchli, Geologische Untersuchungen in Mittelbünden. Vierteljahrsschrift d. Nat. Ges. Zürich. 1919.
9. H. P. Cornelius, Petrographische Untersuchungen in den Bergen zwischen Septimer- und Julierpass. Inaug.-Diss. N. J. f. Min. Beilage Bd. 35. Stuttgart 1912.
10. — Geologische Beobachtungen im Gebiet des Fornogletschers. Zentralblatt f. Min. Geol. u. Pal. 1913.
11. — Über die Stratigraphie und Tektonik der sedimentären Zone von Samaden. Beitr. z. geolog. Karte d. Schweiz, n. F. Lief. 45, 1914.
12. — Zur Kenntnis der Wurzelregion im untern Veltlin. N. J. Min. etc. Beil. Bd. XL. 1915.
13. — Geologische Beobachtungen in den italienischen Teilen des Albigna-Disgraziamassivs. Geol. Rundschau 1915.
14. — Ein alpines Vorkommen von Sapphirin. Centralblatt f. Min., Geol. u. Pal. 1916.
15. R. A. Daly, Igneous Rocks and their origin. New York 1914.
16. W. Freudenberg, Der Trias-Gneis-Kontakt am Ostrande des Adulamassivs. N. Jb. f. Min. etc. Beil. Bd. 36, 1913.
17. A. Grammann, Über die Andalusitvorkommnisse im rhätischen Flüela- und Scalettagebiet. Inaug.-Diss. Zürich 1899.
18. U. Grubenmann, Vorläufige Mitteilung über einen schweizerischen Sillimanitgneis. Viertelj. Nat. Ges. Zürich. 1907.
19. — Der Granatolivinfels des Gordunotales und seine Begleitgesteine. Ebenda 1908.
20. — Beiträge zur Geologie des Unterengadins, II. Teil: Die kristallinen Gesteine Beitr. z. Geol. Karte der Schweiz. 1909.
21. — Die kristallinen Schiefer. Berlin 1910.

22. E. Gutzwiller, Injektionsgneise aus dem Kanton Tessin. Eclogae geol. Helv. 1912.
23. — Zwei gemischte Hornfelse aus dem Tessin. Centralbl. für Min., Geol. u. Pal. Stuttgart 1912.
24. — Zwei besondere Typen von Injektionsgneisen aus dem Tessin. Ebenda 1914.
25. W. Hammer, Die Phyllitzone von Landeck (Tirol). Jahrb. geol. Reichsaust. Wien 1919.
26. E. Haug, Traité de Géologie, Paris 1911.
27. Alb. Heim, Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, 25. Lief. Bern 1891.
28. — Nochmals über Tunnelbau und Gebirgsdruck und über die Gesteinsumformung bei der Gebirgsbildung. V. d. Nat. Ges. Zürich. 1909.
29. — Geologische Karte der Schweiz, 1 : 500,000, II. Auflage 1911.
30. — und Arn. Heim, Die Juramulde im Aarmassiv bei Fernigen (Uri). Viertelj. d. Naturf. Ges. Zürich 1917.
31. — Geologie der Schweiz, II. Bd. 1920.
32. L. Hezner, Beitrag zur Kenntnis der Amphibolite und Eklogite mit besonderer Berücksichtigung der Vorkommnisse des mittleren Oetztales. T. M. P. M. 1903.
33. — Der Peridotit von Loderio. V. Nat. Ges. Zürich. 1909.
34. P. J. Holmquist, Adergneisbildung und magmatische Assimilation im Grundgebirge Schwedens. Geologiska föreningens förhandlingar. 1907.
35. J. Königsberger, Einige Folgerungen aus geologischen Beobachtungen im Aare-, Gotthard- und Tessinermassiv. Ecl. geol. Helv. Vol. X, 6, 1909.
36. L. J. Krige, Petrographische Untersuchungen im Val Piora und Umgebung. Ecl. geol. Helv. Vol. XIV. 5. 1918.
37. M. A. Lacroix, Les Enclaves des Roches volcaniques. Macon 1893.
38. — Etude sur le Métamorphisme de Contact des roches volcaniques. Mém. Acad. sciences. T. XXXI. 1894
39. M. Lugeon, Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. Bull. Soc. Géol. France 1901.
40. G. Melzi, Ricerche geologiche e petrografiche sulla Valle del Masino. Giorn. di Min. del Dott. Sansoni, 1893.
41. Michel-Lévy, Sur l'origine des terrains cristallins primitifs. Bull. soc. géol. de France 1888.
42. — Contribution à l'étude du granite de Flamanville et des granites français en général. Bull. serv. Carte géol. de France 36, 1893.
43. P. Niggli, Die Chloritoidschiefer und die sedimentäre Zone am Nordostrande des Gotthardmassivs. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, n. F. Lief. 36, 1912.
44. H. Preiswerk, Über die Metamorphose der Triasgesteine des Simplongebietes. Verh. Nat. Ges. Basel 1913.
45. — Über neue Skapolithfunde in den Schweizeralpen. Verh. Nat. Ges. Basel. 1917.
46. — Geologische Karte des oberen Tessin und Maggiagebietes. Beitr. geol. Karte d. Schweiz, Spezialkarte 81, 1918.
47. — Geol. Beschreibung der Lepontinischen Alpen. II. Tessin und Maggiagebiet. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. Erläuterungen No. 20, 1919.
48. H. Ph. Roothaan, Petrographische Untersuchungen in der n.-ö. Adula. Ber. nat. Ges. Graubünden. 1919.
49. H. Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre, 1910.

50. W. Salomon, Über Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitisch-körnigen Massen. Tsch. M. 1898.
51. — Die Adamellogruppe, ein alpines Zentralmassiv etc. Abh. k. k. geol. Reichs. 1908.
52. J. J. Sederholm, Wesen und Ursache der Metamorphose T. M. XII.
53. — Om Granit och gneis, deras uppkomst, uppträdande och utbredning inom urberget i Fennoskandia. Bull. Comm. géol. Finlande 1907.
54. — Die regionale Umschmelzung (Anatexis). C. R. XI. Congrès géol. intern. Stockholm 1910.
55. — Om palingenesen i den sydfinska skärgården usw. Geol. För. i Stockholm Förh. 1912.
56. — Einige Probleme der präcambrischen Geologie von Fennoskandia. Geol. Rundschau 1910.
57. — Über die Entstehung der migmatitischen Gesteine. Ebenda 1913.
58. R. Staub, Zur Tektonik des Berninagebirges. Viertelj. d. Nat. Ges. Zürich 1914.
59. — Über granitische und monzonitische Gesteine im westlichen Berninagebirge. Inaug.-Diss. Zürich 1914.
60. — Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebirge. Viertelj. d. Nat. Ges. Zürich. 1915.
61. — Tektonische Studien im östlichen Berninagebirge. Ebenda 1916.
62. — Zur Tektonik der südöstlichen Schweizeralpen. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, n. F. XLVI. Lief. 1. Abteil. 1916.
63. — Tektonische Karte der südöstlichen Schweizeralpen. Ebenda 1916. Spezialkarte Nr. 78.
64. — Zur Geologie des Oberengadin und Puschlav. Ecl. geol. Helv. 1916.
65. — Bericht über die Exkursion der schweizerischen geologischen Gesellschaft im Oberengadin und Puschlav v. 11—15. August 1916. Ebenda 1917.
66. — Das Äquivalent der Dent Blanche-Decke in Bünden. Festschr. Naturf. Ges. Zürich 1917.
67. — Über Faciesverteilung und Orogenese in den südöstlichen Schweizeralpen. Beitr. geol. Karte d. Schweiz 1917.
68. — Geologische Beobachtungen am Bergellermassiv. Viertelj. d. Naturf. Ges. Zürich 1918.
69. — Über das Längsprofil Graubündens. Ebenda 1919.
70. — Geologische Beobachtungen im Avers und Oberhalbstein. Eclogae geol. Helv. 1920.
71. — Zur Geologie des Sassalbo im Puschlav. Ebenda 1920.
72. — Neuere Ergebnisse in der geologischen Erforschung Graubündens. Ebenda 1920.
73. — Geologische Karte der Val Bregaglia 1 : 50 000. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. 1920. (Im Druck!)
74. G. Steinmann, Das Alter der Bündnerschiefer. Ber. nat. Ges. Freiburg i. B. 1895 u. 1898.
75. — Die Bedeutung der jüngeren Granite in den Alpen. Geol. Rundschau. 1913.
76. E. Suess, Das Antlitz der Erde, III. Teil, 1910.
77. F. E. Suess, Die moravischen Fenster und ihre Beziehung zum Grundgebirge des hohen Gesenkes. Denkschr. d. Akad. d. Wiss. i. Wien. Bd. 58, 1912.
78. — Bemerkungen zur neueren Literatur über die Moravischen Fenster. Mitt. d. geol. Ges. Wien 1918.

79. P. Termier. Les schistes cristallins des Alpes Occidentales. Paris 1903.
80. — Les Alpes entre le Brenner et la Valtelline. Bull. Soc. Géol. France. 1905.
81. — Sur la génèse des terrains cristallophylliens. C. R. XI. Congrès géol. intern. Stockholm 1910.
82. — Résultats scientifiques de l'Excursion alpine de la „Geologische Vereinigung". C. R. Académie sciences Paris. 1912.
83. G. Theobald, Die südöstlichen Gebirge von Graubünden. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lief. III, 1866.
84. — Geologische Karte der Schweiz, Blatt XX. Ebenda 1865.
85. — Geologische Karte der Schweiz, 1 : 100 000, Blatt XV. Ebenda 1864.
86. F. Zyndel, Tektonik von Mittelbünden. Ecl. geol. Helv. Vol. XI, 3, 1910.
87. — Über den Gebirgsbau Mittelbündens. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. N. F. 41. Lief.. 1912.

Beiträge zur Morphologie der weiblichen Geschlechtsorgane bei den Säugetieren.

Über das Auftreten gelber Körper am Ovarium des domestizierten Rindes und Schweines.

Von

MAX KÜPFER (Zürich).

Hiezu 3 Tafeln.

(Als Manuskript eingegangen am 20. April 1920.)

Einleitung.

Der gelbe Körper, das Corpus luteum, das in seiner vollen Entwicklung am Ovarium der Säugetiere die gewebige Füllmasse eines von dem Ei und Liquor freigewordenen Graafschen Follikels darstellt, und das nach dem Dafürhalten moderner Autoren funktionell in die Kategorie der innersekretorischen Drüsen einzuordnen ist, gab Anlass zur Inangriffnahme einer Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen. Die Resultate derselben sind in einer grossen Anzahl von Publikationen niedergelegt.

In den letzten zwanzig Jahren reihte sich in rascher Folge Abhandlung an Abhandlung. Heute ist die Literatur eine nahezu unübersehbare geworden. Eine Unmenge von Mitteilungen liegen beispielsweise zerstreut in den Archiven der Gynaekologie. Wir finden Notizen über unsern Gegenstand neuerdings sogar in den Annalen der Chemie. Offenbar hat es also nicht an Interesse für dieses am Ovarium der Säuger und des Menschen typisch in Erscheinung tretenden Gebildes gefehlt.

Trotz der zahlreich vorhandenen Literatur sind wir über den gelben Körper heute noch in mancher Beziehung unvollkommen orientiert. Nichts näheres wissen wir über die Funktion der Follikeldrüse. Wohl wurden zur Entwirrung des physiologischen Fragekomplexes eine Anzahl experimenteller Untersuchungen an verschiedenen Vertretern der Mammalia, so namentlich an Nagetieren, ausgeführt. Sie ergaben indessen keine allgemein anerkannten, nur einer einzigen Deutung zugänglichen Resultate.

Was im Speziellen die funktionelle Bedeutung des Corpus luteum anbetrifft, so sind im Laufe der Jahre eine ganze Anzahl — zum grossen Teil auf spekulativer Grundlage basierender — Theorien aufgestellt worden. Andeutungsweise sei folgendes erwähnt. Die nachstehende Zusammenstellung erhebt durchaus nicht Anspruch auf Vollständigkeit.

1. Ancel et Bouin (1908 u. ff.): Der gelbe Körper begünstigt die Brunst. — 2. Born-Fraenkel (1901/03 u. fde. Jahre) u. a. (Insertionstheorie): Die Funktion des gelben Körpers besteht darin, Stoffe abzusondern, welche den Uterus für die Anheftung des Eies vorbereiten und den Anstoss zu den jede Gravidität begleitenden Veränderungen am Genitaltraktus geben. Die weitere Aufgabe des Corpus luteum ist es, die Fortentwicklung des angesiedelten Eies zu sichern (beim Kaninchen zumindest in den ersten vierzehn Tagen; beim Menschen, nach Seitz (1906), in den ersten drei Monaten). Nach Fraenkel soll die sekretorische Tätigkeit des Corpus luteum auch die Ernährung des Uterus regeln. — 3. Hess (1908): Das Persistieren des gelben Körpers verunmöglicht die Brunst. — 4. Clark (1898): Der gelbe Körper reguliert die Zirkulation im Ovarium. — 5. Halban-Stockard-Papanicolaou (1911/17): Der gelbe Körper verhindert das Aufspringen Graafscher Follikel („protective Funktion des gelben Körpers"). Das Corpus luteum reguliert die Erscheinungen der Menstruation (the rôle of the ovary and especially of the corpus luteum is not to produce but to permit and to stop the menstruation . . ., the corpus luteum exerts a protective function by preventing a new ovulation and an abortive birth). — 6. Loeb L. (1911/18): Das Corpus luteum reguliert die Dauer des sexuellen Zyklus. Die Dezidualbildung ist nur bei Anwesenheit eines Corpus luteum möglich. — 7. Prenant (1898/11): Das Corpus luteum verhindert als Drüse mit innerer Sekretion den Vorgang der Ovulation in der Interoestral-(Zwischenbrunst-)Zeit und während der Schwangerschaft und sorgt für die Intaktheit der letzteren. — 8. Schröder (1913/15): Den Impuls zur Vorbereitung für die Implantation erteilt der Uterusschleimhaut das im reifenden Ei sich potenzierende Hormon. Dieselbe Substanz übt auch beim Austritt des Eies aus dem Follikel einen protektiven Einfluss auf die Entwicklung des Corpus luteum aus. Der gelbe Körper unterstützt sodann unter Behinderung weiterer Ovulationen die zur Nidation notwendigen Vorbereitungen der Schleimhaut und damit mittelbar auch eine Zeit lang das Anhaften, die weitere Ernährung und Entwicklung des Eies, indem er eine Substanz produziert, die einen hemmenden Einfluss auf den Eintritt der Menstruation ausübt. — 9. Zschokke (vide Ausfüh-

rungen auf pag. 391: Der Bildungsprozess eines gelben Körpers steht im Zusammenhang mit der Ovulation. Das Corpus luteum verhindert die Ausreifung weiterer Graafscher Follikel. — Nach andern Autoren (Watson, B. P. 1906) soll der persistierende gelbe Körper nähere Beziehungen zur Laktation aufweisen.

Die nach der histologischen Seite hin betriebene Forschung, die von Anbeginn ein scharfes Auge auf unsern Gegenstand gerichtet hatte, lieferte im Lauf der Jahre manchen Beitrag zur strukturellen Erschliessung des Follikelapparates[1]) und zur mikroskopischen Erforschung des in Rede stehenden Gewebekomplexes. Ganz besonderes Interesse fiel dabei der Frage der Genese zu, der Frage nach der Herkunft der die gelben Körper in ihren wesentlichen Bestandteilen aufbauenden Lutëinzellen. Aber auch hier war es bis anhin unmöglich, sich in einer bestimmten Anschauung zu einen. Die einen Autoren betrachten das Lutëingewebe als eine Wucherung des Follikelepithels, die andern als eine von den Zellen der bindegewebigen Theka folliculi ausgehende Bildung.

Den aus den Arbeiten der Autoren sich ergebenden Dualismus in der Genetik eines gelben Körpers möchten wir von vornherein nicht bestreiten, entstammen doch Epithel und Theka eines Follikels, die beiden verfochtenen genetischen Grundlagen eines Corpus luteum, demselben gemeinsamen mittleren Blatt des Keimlagers. Nach den neuesten Mitteilungen Corners (Corner, George W[ashington]), (1889—) 1919: On the origin of de corpus luteum of the sow from granulosa and theca interna. Am. Journ. Anat. (V. 26, no. 1, Sept. 15) sollen beim Schwein in der Tat an der Gelbkörper-Bildung sowohl Granulosa als auch Theka interna beteiligt sein.

Einer makroskopisch-morphologischen Betrachtungsweise waren bis anhin die gelben Körper, insofern es sich wenigstens um Untersuchungen an einem ausgedehnten Material handelt, nicht unterworfen worden, da ein solches in geeigneter Kondition nicht ohne günstige Verumständigung erhalten werden konnte. Ovarien kleiner Säuger, wie etwa die weiblichen Gonaden des Kaninchens oder des Meerschweinchens, konnten von vornherein nicht in Frage kommen, da an den Keimstöcken dieser Tiere die Corpora lutea selbst in ihrer vollen Entwicklung nicht die für makroskopisch-morphologische Studien notwendigen Grössenverhältnisse aufweisen.

Ein sich auf viele Monate erstreckender, am hiesigen städtischen Schlachthof zu entwicklungsgeschichtlichen und morphologisch-ana-

---

[1]) Des germinativen Teiles der Gonade.

tomischen Studien benützter Aufenthalt bot uns Gelegenheit, die Genitalorgane der zur Schlachtung eingelieferten Huftiere an Ort und Stelle einer gründlichen Prüfung zu unterwerfen. Ganz besondere Aufmerksamkeit brachten wir den gelben Körpern an den Ovarien des Rindes entgegen.

In einer umfangreichen, mit vielen farbigen Tafeln versehenen Arbeit, deren Veröffentlichung in den Denkschriften der Schweiz. Naturf. Gesellschaft erfolgen wird,[1]) haben wir die Resultate unserer diesbezüglichen Untersuchungen niedergelegt.

Im vorliegenden Aufsatz, den wir Herrn Professor Otto Stoll zum vollendeten siebzigsten Altersjahr zu widmen die Ehre haben, sei es uns gestattet, kurz auf die Ergebnisse jener Untersuchungen beim Rind einzugehen.[2])

Wir benützen aber auch gerne den Anlass, um im Anschluss an diese Mitteilungen über Untersuchungsergebnisse zu berichten, zu denen wir inzwischen durch Studien an Genitalorganen unträchtiger und trächtiger domestizierter Schweine gekommen sind.

Beobachtungen am Ovarium des domestizierten Rindes.

Die an einen Follikelsprung gebundene normale Corpus luteum-Genese am Ovarium des domestizierten unträchtigen Rindes ist eine in ganz bestimmten Bahnen verlaufende. Die Prozesse, die zum Platzen des Follikels, zur Aus- und Rückbildung des gelben Körpers führen, pflegen nach einem einheitlichen und zeitlich fixierten Ordnungsprogramm vor sich zu gehen. Es findet ein regelmässiger Turnus in der Aus- und Rückbildung gelber Körper statt.

Normalerweise differenziert sich bei jeder Ovulation aus einem geborstenen Follikel ein gelber Körper, der, nachdem er seine volle Entwicklung erreicht hat, sich wieder rückzubilden pflegt. Mit dem Follikelsprung wird eine Zeitperiode (Interovulationsperiode) abgegrenzt,

---

[1]) Ausgabe inzwischen erfolgt: „Max Küpfer, Beiträge zur Morphologie der weiblichen Geschlechtsorgane bei den Säugetieren. Der normale Turnus in der Aus- und Rückbildung gelber Körper am Ovarium des unträchtigen domestizierten Rindes (*Bos taurus* L.), nebst einigen Bemerkungen über das morphologische Verhalten der Corpora lutea bei trächtigen Tieren.“ Mit 27 Tabellen, 28 farbigen lithographischen Tafeln und 8 Figuren im Text. Denkschriften der Schweiz. Naturf. Gesellschaft, Bd. LVI. 1920.

[2]) Vorliegende Arbeit wurde Ende August 1919 im Manuskript abgeschlossen und Herrn Prof. Dr. Otto Stoll am 29. Dezember vergangenen Jahres, an seinem Geburtstage in Maschinenreinschrift überreicht.

innerhalb welcher dieselben Prozesse stets von neuem sich zu wiederholen pflegen.

Eine Interovulationsperiode wird ausgefüllt: erstens, mit der Umbildung eines geborstenen Follikels in einen gelben Körper, mit der Entwicklung und Rückbildung desselben auf ein bestimmtes Rückbildungsstadium; zweitens, mit der fortgesetzten Rückbildung des der vorangehenden Interovulationszeit angehörenden gelben Körpers, wenn ein solcher vorhanden ist; drittens, mit der Ausreifung eines neuen, zum Berstakt sich vorbereitenden Graafschen Follikels.

Die Interovulationsperiode dauert beim unträchtigen Rind 21 Tage. Sie wird mit einer Ovulation eingeleitet, die gewöhnlich mit der Periode der Brunst zusammenfällt. Brunst und Ovulation treten beim Rind zyklisch auf. Die eine Erscheinung braucht indessen nicht notwendigerweise an die andere gebunden zu sein. Eine Brunst kann auch stattfinden, ohne dass eine Ovulation zu der betreffenden Brunstzeit eintritt. Eine Ovulation kann vor sich gehen, ohne dass äussere Brunsterscheinungen am ovulierenden Tiere sich zeigen.

Der Zeitraum von 21 Tagen kann in zwei Zeitperioden eingeteilt werden: erstens in die Periode vom 1. bis 11. Tag, in welche die eigentliche Ausbildung des gelben Körpers fällt; zweitens in die Zeitperiode vom 11. bis zum 21. Tag, in welche die erste Epoche der Rückbildung des gelben Körpers zu verlegen ist. — Die zweite Epoche der Rückbildung fällt in eine 21 Tage zählende neue Frist (Interovulationsperiode) hinein; sie beginnt mit dem 22. Tag. Die Rückbildung des gelben Körpers geht sukzessive weiter und bringt das Corpus luteum um den 27./28. Tag auf das sog. „Corpus rubrum-Stadium“, ohne dass die regressive Metamorphose auf demselben ihren definitiven Abschluss nehmen würde.[1])

Da sich normalerweise bei jedem Follikelsprung aus einem Graafschen Follikel ein gelber Körper zu differenzieren pflegt, und derselbe nach seiner maximalen Entwicklung wieder der Rückbildung anheimfällt, diese aber noch weiter in die nächstfolgende Interovulationszeit hineinreicht und zu Ende der 21-tägigen Frist noch nicht abgeschlossen ist, so zeigen sich, falls Gonaden vorliegen, an denen ohne Unterbruch zu Beginn von aufeinanderfolgenden Interovulationszeiten Follikel springen und gelbe Körper sich ausbilden, an den Keimdrüsen des

---

[1]) An Hand des der ausführlichen Arbeit beigegebenen Tafelatlasses ist es möglich, irgend ein beliebiges Stadium der Follikeldrüsenentwicklung altersgemäss zu bestimmen und nach Tagen festzustellen, wann an einer Keimdrüse eines geschlechtsreifen unträchtigen Tieres die Ovulation stattgefunden hat. M. K.

domestizierten Rindes verschiedene Entwicklungsstadien von gelben Körpern.

Regulärerweise ovulieren beim Rind sowohl der linke als auch der rechte Eierstock. Die Folge der Ovulationen an den Ovarien ist keine schablonenmässige und keine wechselweise. Sie gestaltet sich bei jedem Individuum wieder anders, indem bald das eine, bald das andere Ovarium funktionell stärker für die Ovulation in Anspruch genommen wird.

Die beiden gelben Körper, die sich gemeinsam (im Falle eines zweifachen Follikelsprunges) innerhalb einer Ovulationsperiode anlegen, können entweder an dem gleichen Ovarium (linken oder rechten) zur Ausbildung gelangen oder gesondert von einander sich entwickeln, indem von jeder Keimdrüse aus ein gelber Körper gebildet wird.

Zwei gelbe Körper, deren Entwicklung in die nämliche Interovulationszeit fällt, befinden sich auf der gleichen Stufe der Differenzierung. Ihre Entwicklung ist eine gleichlaufende. Der Aus- und Rückbildungsturnus hält an beiden gelben Körpern gleichen Schritt, mögen sich dieselben aus zwei geborstenen Follikeln bilden, die auf demselben Ovarium zur Ausbildung gelangen, oder sich aus zwei geborstenen Bläschen differenzieren, die sich auf beide Ovarien verteilen.

Das *Corpus luteum grav.*[1]) findet sich in den allermeisten Fällen an demjenigen Ovarium, welches sich zu dem den Embryo bergenden Uterushorn in Nachbarstellung befindet. Zeigt sich am linken Ovarium der persistierende gelbe Körper, so liegt der Embryo im linken Horn des Uterus; tritt dagegen das Corpus luteum grav. am rechten Ovarium auf, so birgt das rechte Horn des Tragsackes die Frucht.

Das Ei, welches zur Ovulationszeit aus dem Follikel ausgestossen wird, um der Tube und dem Eileiter übergeben zu werden, gelangt in demjenigen Horn des Uterus zur Entwicklung, dessen Lage mit der Lage der Gonade, welche das Ei abgegeben hat, eine übereinstimmende ist. Eine Überführung des Eies in das dem gegenüberliegenden Eileiter angehörende Horn findet nicht statt.[2])

Normalerweise stimmt beim Rind die Zahl der persistierenden gelben Körper überein mit der Zahl der im Uterus vorhandenen Embryonen. Diese Feststellung macht es wahrscheinlich, dass von einem berstenden Follikel gewöhnlich nur ein Ei zur Zeit des Follikelsprunges abgegeben wird, und dass nicht mehrere Eier aus einem Follikel zu Beginn des Turnus in den Eileiter gelangen.

---

[1]) „*Corpus luteum graviditatis aut c. l. persistens i. s. str.*“ — Bekanntlich bildet sich ein gelber Körper zur Zeit der Gravidität schlechthin nicht zurück.

[2]) Regulärerweise wenigstens nicht.

Bei zweifrüchtigen Rindern werden in der Regel zwei gelbe Körper ausgebildet.

Im Falle einer normalen Zweifrüchtigkeit persistieren beide gelbe Körper. Solange der Zustand der Trächtigkeit anhält, bildet sich keiner derselben wesentlich zurück.

Bei zweifrüchtigen Tieren hat der Umstand des Absterbens oder des Zurückbleibens des einen der beiden Embryonen in der Entwicklung keinen Einfluss auf das Verhalten der Corpora lutea grav. an den Ovarien. Der persistierende gelbe Körper, dessen ovariale Lage mit der foetalen Lage, im Hinblick auf die Längsachsensymetrieebene des Tierkörpers, eine übereinstimmende ist — Ovarium und fruchtbergendes Horn liegen auf der gleichen Körperseite — und aus dessen Follikel das Ei mit gestörter Keimentwicklung abgegeben wurde, verhält sich genau so, wie das Corpus luteum grav., dessen Follikel das normal keimende Ei freigab.

In bezug auf die Häufigkeit des Inerscheinungtretens von Ovulationen am linken und rechten Ovarium stellt sich heraus, dass das rechte Ovarium im allgemeinen häufiger zu ovulieren pflegt als das linke Ovarium, und dass durchschnittlich der rechte Eierstock leistungstüchtiger ist[1]) als der linke (dies gilt für unträchtige und trächtige Rinder und Kühe).

Eine Störung oder Unterbrechung des beim unträchtigen domestizierten Rind in einem bestimmten Zeitraum (Zeitintervall von 21 Tagen) immer wieder von neuem anhebenden Turnus (Cyklus) kann eintreten:

1. Wenn das oder die bei der Ovulation abgegebenen Eier befruchtet und im Uterus in einen Zustand embryonaler Entwicklung versetzt werden.

2. Wenn das Platzen eines oder mehrerer ausgereifter Follikel unterbleibt, und es zur Bildung sogenannter Zysten kommt (zystöse Follikelentartung).

3. Wenn der gelbe Körper, statt sich rückzubilden, weiter wächst und hypertrophiert oder zystös entartet (Corpus luteum persistens und cysticum; zystöse Gelbkörperentartung).

4. Durch krankhafte Veränderungen an den ausführenden Geschlechtsorganen, wie sie z. B. durch katarrhalische Prozesse an der Uterusschleimhaut, durch künstlich in den Tragsack eingeführte Gegen-

---

[1]) Das rechte Ovarium zeigt durchschnittlich eine grössere Anzahl rückgebildeter gelber Körper als das linke Ovarium.

Follikelreiche Ovarien sind eher unter den rechts gelegenen als unter den links gelegenen zu finden. Das rechte Ovarium ist im allgemeinen das follikelreichere Ovarium.

stände oder irgendwelche Störungen der Nachbargebiete oder Allgemeinerkrankungen zustande kommen können.

In den Fällen 1. und 3. wird der Turnus gewöhnlich in der Weise unterbrochen, dass es wohl zur Ausbildung eines regelrechten (follikeldrüsenähnlichen) gelben Körpers kommt, dass aber dieser sich nicht nach üblicher Frist rückbildet, sondern auf der Höhe maximaler Ausbildung verharrt und so lange mit der Rückbildung zuwartet, bis die Ursachen, die sein Persistieren ausgewirkt haben, behoben sind.

Im Falle 2. kommt es infolge Unterbleibens der Follikelberstung überhaupt nicht zur Ausbildung eines regelrechten gelben Körpers.

Beobachtungen am Ovarium des domestizierten Schweines.

Nachdem die Untersuchung der Ovarien des domestizierten Rindes im Hinblick auf die Aus- und Rückbildung eines gelben Körpers und im Hinblick auf die Neubildung einzelner Corpora lutea einen ganz bestimmten, zeitlich wohl umgrenzten, regelmässigen Turnus ergeben hatte, erschien es wünschenswert, die Studien auf weibliche Gonaden noch anderer Vertreter der Klasse der Säuger auszudehnen.

Vor allem interessierte uns zu erfahren, wie der Gang der Gelbkörpergenese sich am Eierstock multiparer Tiere gestalten würde. Dankbar ergriffen wir die Gelegenheit, die uns der hiesige städtische Schlachthof zur Erfüllung unseres Wunsches gewährte. Herr Dr. K. Schellenberg überliess uns wiederum bereitwilligst die in Frage kommenden Organe aller im Laufe des Frühjahrs und Vorsommers in seiner Anstalt zur Abschlachtung eingelaufenen Schweine.[1]) Unter diesem Material sind auch alle jene Individuen eingeschlossen, die im April und Mai dieses Jahres aus Italien[2]) der Schweiz in grossen Massentransporten zugeführt wurden.

Die morphologisch-anatomische Reihe in der Corpus luteum-Genese am Ovarium unträchtiger Schweine.

Wir verschafften uns einen Überblick über die am Follikel und gelben Körper sich abspielenden Veränderungserscheinungen, indem wir die Ovarien einzelner Tiere unter sich und mit den Gonaden von andern desselben Genus verglichen. Zunächst schickten wir uns an, aus der Fülle des Materials alle diejenigen Gonaden herauszulesen und einer speziellen Prüfung unterzuordnen, an deren Follikel besonders

---

[1]) Zum grösseren Teil unserer einheimischen Rasse angehörend.

[2]) Oberitalien.

auffällige Differenzierungen festzustellen waren, und an denen sich charakteristisch gefärbte gelbe Körper entwickelt hatten. Wir liessen es uns angelegen sein, dass solche Organe sofort gezeichnet und in noch sozusagen lebensfrischem Zustande in die Hand des Malers übergingen.

Als auf diese Weise einige Anhaltspunkte gewonnen waren, nach welchen eine weitere Orientierung möglich erschien, lag uns die Aufgabe ob, die Lücken der noch wenig geschlossenen Reihe auszufüllen und die letztere nach oben und unten abzugrenzen. So fiel auch das pathologische, nicht für eine Normalreihe verwendbare Material aus.

Auf den Tafeln I und II sind die aufeinanderfolgenden Stadien in der Differenzierung eines gelben Körpers bildlich wiedergegeben. Sämtliche Ovarien entstammen geschlechtsreifen, nichtträchtigen Schweinen. Die Organe eines Organpaares liegen immer nebeneinander. Die auf der linken Seite stehenden Gonaden repräsentieren die auf der linken Körperseite gelegenen Keimdrüsen, die auf der rechten Seite gelegenen Keimdrüsen dagegen die auf der rechten Körperseite plazierten Organe.

Wir gehen aus von den Verhältnissen, wie sie an den Ovarien auf den Fig. 52 und 53, Taf. II zutage treten. An der linken und rechten Gonade zeigen sich eine Anzahl sprungreifer Follikel (spr. Gr. Fo.). Letztere überragen mit ihren Kuppen die ovariale Oberfläche. Der Durchmesser eines Bläschens beträgt ca. 5 mm. Die Blasenwand, die unter dem Druck des im Follikelinnern vorhandenen Liquor in straffer Spannung gehalten und von einem dünnen durchscheinenden Epithel dargestellt wird, überzieht ein äusserst zierliches Kapillargefässnetz. Beide Ovarien weisen ausser diesen sprungreifen, noch intakten Follikeln einige bereits geborstene (co. lut. I; von den drei am linken Ovarium vorhandenen sind zwei, von den zwei am rechten Ovarium eines auf dem Bilde sichtbar) auf. Die geborstenen Follikel ragen etwas weniger weit über die ovariale Oberfläche als die intakten Bläschen. Das Bersten des Follikels und die Freigabe des Follikelinhalts haben ein Kollabieren der Follikelblasenwand zur Folge. An den geborstenen Bläschen sind noch deutlich die bei der Ovulation entstandenen Einrisstellen wahrzunehmen. An der Blasenwand hat bereits eine Verdickung eingesetzt (Fig. 54 und 55, co. lut. I'). Die Bildung eines sich typisch differenzierenden gelben Körpers hat begonnen.

Interessant dürfte die Feststellung sein — und der auf Taf. II Fig. 52 und 53 dargestellte Fall ergibt sie einwandfrei — dass das Bersten von sprungreifen Follikeln an den Ovarien

des paarig ausgebildeten Genitalorgans nicht an allen Follikeln zugleich statthat. Obwohl der Ausreifungsprozess an sämtlichen zur Reifung gelangenden Graafschen Bläschen sich gleichlaufend vollzieht, und obwohl kurz vor Eintritt der Berstung sich feststellen lässt, welche Follikel aufspringen werden und an welchen sich der Berstakt nicht vollziehen wird, pflegen dennoch einige der sprungreifen Follikel früher aufzubrechen als andere. Die Zeitintervalle aber, welche zwischen den einzelnen Aufsprüngen liegen, dürften in der Regel keine langfristigen sein. Um weniges in der Gelbkörper-Genese weiter vorgeschrittene Ovarien zeigen die eben in Bildung begriffenen Corpora lutea allesamt auf der nämlichen Stufe der Differenzierung.

Ausser den sprungreifen ungeplatzten und den geborstenen, zu gelben Körpern sich umwandelnden Follikeln zeigen die auf Taf. II in Fig. 52 und Fig. 53 abgebildeten Ovarien eine Anzahl Follikeldrüsen (co. lut. II), die, wie wir sehen werden, ihre maximale Entwicklung bereits überschritten haben und sich infolgedessen auf einem bestimmten Stadium der Rückbildung befinden. Diese sich reduzierenden gelben Körper, welche als kompakte, kugelig geformte Gewebemassen an der Oberfläche der Gonaden in Erscheinung treten und denselben einen traubenartigen Habitus verleihen, fallen sofort durch ihre charakteristische Gelbfärbung auf. Wir sehen also an den nämlichen Ovarien nebeneinander: 1. sprungreife, noch nicht geplatzte Graafsche Follikel (spr. Gr. Fo.), 2. aufgebrochene Graafsche Follikel mit verdickter Follikelwandung (früheste Stadien in der Corpus luteum-Genese [co. lut. I], 3. Corpora lutea im Stadium der Rückbildung (co. lut. II).

Die auf den Abbildungen der Tafeln I und II dargestellten Glieder einer in sich geschlossenen Organreihe von Keimdrüsen bieten eine allgemeine Orientierung über:

1. die Veränderungserscheinungen, die an den geborstenen Follikeln einzutreten pflegen und die zur Ausbildung von gelben Körpern führen.

2. den Verlauf der einzelnen Phasen der regressiven Metamorphose, welche ein voll entwickelter gelber Körper während seiner Rückbildung zu durchlaufen hat.

3. die sukzessiv aufeinander folgenden Vorgänge, die an den Follikeln sich abzuspielen pflegen und diese in den Zustand der Sprungreife versetzen.

Die Reihe ist lückenlos. Die Bilder, die in ihrer grossen Mehr-

zahl von Herrn Kunstmaler Joh. Ed. Meyer gemalt wurden, geben die Verhältnisse an den Präparaten durchaus naturgetreu wieder.

1. Die Veränderungen am eben geplatzten Follikel.

Aus jedem geplatzten Follikel bildet sich ein gelber Körper. Die Gelbkörperbildung beruht auf einer Wandverdickung des aufgebrochenen Graafschen Bläschens. Nach dem Berstakt pflegt der Follikel sich bald wieder zu schliessen. Die Öffnung verengt sich; es tritt eine Verklebung der Rissränder ein. Die Follikel an den Ovarien auf Fig. 3 und Fig. 4, Taf. I (co. lut. I) haben sich bereits wieder geschlossen. An den Follikeln (spr. Gr. Fo.) des in Fig. 1, Taf. I abgebildeten Ovars waren Wandperforationen noch nicht nachweisbar.

Der bläschenartige Habitus des Follikels geht bald verloren. Die Differenzierungsprozesse schreiten rasch vorwärts. Der ehemalige Follikel überragt nunmehr papillenartig die ovariale Oberfläche (Fig. 3 und 4, Taf. I, co. lut. I).

Bei frischgeplatzten Follikeln und manchen neuen gelben Körpern findet man häufig den Follikelhohlraum mit Blutkoagula angefüllt (Fig. 5, Taf. I: Schnitt durch ein Ovarium mit frisch auswachsenden gelben Körpern (co. lut. I). Der blutige Follikelinhalt gelangt später gewöhnlich wieder zur Resorption. Häufig finden sich noch Spuren von Blutergüssen im Innern entwicklungsgeschichtlich weit vorgeschrittener gelber Körper (Taf. I, Fig. 18 und Taf. II, Fig. 30 co. lut. I).

Blutungen, die im Hohlraum frischgeborstener Follikel stattfinden, scheinen beim Schwein regelmässig vorzukommen. Beim Rind, wo sie in vereinzelten Fällen auch nachzuweisen sind, erreichen sie bei weitem nicht denselben Grad der Stärke.

Allem Anschein nach ist die Blutung nicht allein auf das Bersten der an den Follikelkuppen differenzierten Kapillaren zurückzuführen. Mit der Blutung scheinen vielmehr die im stromatösen Gewebe des Eierstockes liegenden Gefässe in Beziehung zu stehen.

An frisch verklebten Follikeln ist die Verlötungsstelle noch an einer pfropfartigen Bildung nachzuweisen, durch welche sich gewöhnlich die distalste Stelle der Follikelkuppe auszeichnet. Die in der Mitte dieses Pfropfes gelegene zentrale Delle bezeichnet den Ort, an welchem der Durchbruch der Wandung sich vollzogen (Fig. 6 und 7, Taf. I, co. lut. I) hat. Wie die Abbildungen Fig. 25, Taf. I und Fig. 31, Taf. II zeigen, lassen sich selbst an in der Entwicklung weit

vorgeschrittenen Stadien der Gelbkörperdifferenzierung die eben erwähnten Pfropfbildungen nachweisen.

Bald beginnen die Follikeldrüsen beerenartig an den Ovarien auszuwachsen. Die Gonaden erhalten dadurch ein traubenartiges Aussehen (co. lut. I, Fig. 9, 10, 13, 14, 16, 17, Fig. 19, 20, 22, 23, 25, 26, Taf. I).

Die gelben Körper nehmen an Grösse und Umfang zu. An den Ovarien in Fig. 28 und Fig. 29, Taf. II haben die Follikeldrüsen (co. lut. I) ihre volle Entwicklung erreicht. Mit ihrer fortschreitenden Differenzierung geht eine am Gewebe sichtbare Verfärbung einher (vergl. beispielsweise die gelben Körper [co. lut. I] Fig. 9 und Fig. 10, Taf. I mit den gelben Körpern [co. lut. I] an den Gonaden in Abbildung Fig. 28 und Fig. 29, Taf. II). Die zu Anfang der Entwicklung vorherrschende kirschrote Farbe geht in einen weiss-fleischfarbenen Ton über.

2. Die Rückbildungserscheinungen an den gelben Körpern.

Hat der gelbe Körper seine volle Entwicklung erreicht, so treten an ihm Rückbildungserscheinungen[1]) auf (co. lut. I an den Ovarien auf den Fig. 31, 32, 34 und 35, Taf. II; in Fig. 37, 38, 40, 41, 43, 44, Taf. II; in Fig. 46, 47, 49, 50, Taf. II). Diese äussern sich makroskopisch in einer sukzessiven Volumenabnahme der Drüse, in einer allmählichen Verkümmerung des die Follikeldrüse versorgenden, auf ihr anfänglich äusserlich leicht sichtbaren Gefässnetzes und in einer fortschreitenden Verfärbung des follikulären Gewebes nach einem gelb getönten Endstadium hin (vide die betreffenden Schnittbilder von den der regressiven Metamorphose unterworfenen Follikeldrüsen: co. lut. I′ Fig. 33 und Fig. 36, Taf. II; Fig. 39, 42, 45, Taf. II; Fig. 48 und 51, Taf. II).

Auf den in Fig. 49 und Fig. 50, Taf. II abgebildeten Ovarien befinden sich die gelben Körper (co. lut. I) schon in einem beträchtlich reduzierten Zustand. Äusserlich feststellbare Gefässnetze fehlen an den gelben Körpern nunmehr vollständig.

Auf den Fig. 52 und Fig. 53, Taf. II haben sich die gelben Körper (co. lut. II) in noch weitgehenderem Masse zurückgebildet. Die Corpora lutea I haben in ihrer Entwicklung einen

---

[1]) „Bekanntlich (?) bilden sich beim Hausschwein und Hausrind, auch wenn keine Befruchtung erfolgt ist, die gelben Körper nur langsam zurück und sind bei Eintritt der folgenden Brunst in der Regel noch gut erkennbar". (Käppeli 1908.)

vollen Turnus durchlaufen. Dadurch, dass an den Ovarien bereits wieder neue Follikel zum Bersten gelangt sind, ist eine Interovulationsperiode zeitlich abgegrenzt worden. Die rückgebildeten gelben Körper sind nunmehr als Corpora lutea secunda (co. lut. II) zu bezeichnen.

Wir bezeichnen gelbe Körper als Corpora lutea prima (co. lut. I), deren Umbildung aus einem zum Platzen gelangten Graafschen Follikel (Aus- und erste Rückbildung) in die „jüngste Interovulationszeit“ fällt, und deren offensichtliche Differenzierung aus einem geborstenen Follikel in die Zeit der letzten Ovulation zu verlegen ist.

Wir bezeichnen gelbe Körper als Corpora lutea secunda (co. lut. II), deren Umbildung aus einem zum Platzen gelangten Graafschen Follikel (Aus- und erste Rückbildung) in die „zweitjüngste“ (letzte) Interovulationszeit fällt, und deren offensichtliche Differenzierung aus einem geborstenen Follikel in die Zeit der zweitletzten (vorletzten) Ovulation hineinzuverlegen ist.

„Jüngste Interovulationszeit“: Zeitraum zwischen der letzten Ovulation und einer noch nicht erfolgten, nächst kommenden, in Aussicht stehenden Ovulation.

„Zweitjüngste (letzte) Interovulationszeit“: Zeitraum zwischen der zweitletzten (vorletzten) und letzten Ovulation.

Eine nähere Erklärung eben angeführter Begriffsbezeichnungen enthalten die diesbezüglichen Ausführungen in der Denkschriften-Publikation (1920).

Die Rückbildung der gelben Körper geht noch weiter. Die zu Ende der Interovulationszeit stark reduzierten Corpora lutea I fahren fort ihr Volumen zu verringern (vide die nach Ablauf einer Interovulationszeit zu Beginn einer neuen Gelbkörper-Differenzierungsperiode an den Ovarien sich zeigenden co. lut. II und co. lut. II′ auf den Fig. 3 bis 8, Taf. I; auf Fig. 9, 11 bis 18, Taf. I; auf Fig. 19 bis 23, 25 und 26, Taf. I; auf Fig. 31 und 33, Taf. II; auf Fig. 46 und Fig. 47, Taf. II).

Auch beim Schwein überdauert die regressive Metamorphose, der ein gelber Körper nach Erreichung seines Vollentwicklungsstadiums unterworfen ist, eine durch zwei Ovulationen abgegrenzte Zeitperiode (Interovulationszeit). Sie erstreckt sich auf einen zwischen zwei Ovulationen liegenden weiteren Zeitabschnitt (auf eine neue Interovulationsperiode). Der gelbe Körper hat sich zu Ende dieser neuen zweiten Periode so stark reduziert, dass er einer äusserlichen Be-

trachtung meist nicht mehr zugänglich ist.[1]) Wir können also die Entwicklung resp. Rückbildung eines gelben Körpers (Genese) aus einem geborstenen Follikel beim Schwein durch zwei Interovulationsperioden hindurch makroskopisch verfolgen.

3. Über die Ausreifung Graafscher Follikel.

Wenn unter spezieller Berücksichtigung der Graafschen Follikel verschiedene Ovarien miteinander verglichen werden, an welchen die gelben Körper eine verschieden weit vorgeschrittene Entwicklung zeigen, so fällt auf, dass einer bestimmten Differenzierungsstufe in der Gelbkörpergenese ein bestimmter Schritt in der Abwicklung der Reifung Graafscher Follikel entspricht. So kann leicht konstatiert werden, dass an all den Ovarien, an welchen die reifen Follikel geborsten sind und die corpuskulären Drüsen aus den zelligen Restbeständen der geplatzten Follikel sich zu entwickeln beginnen, die Graafschen Bläschen (Gr. Fo.) an der Oberfläche der Gonaden entweder kaum oder in recht geringfügigen Dimensionen in Erscheinung treten (Fig. 3, 4, 6 und Fig 9 und 10, Taf. I). An Ovarien dagegen, an denen die gelben Körper — natürlich sind Corpora lutea gemeint, die einer und derselben Interovulationsperiode angehören — sich schon stark rückgebildet haben, zeigen sich neben kleinen Graafschen Bläschen stark erweiterte Follikel (er. Gr. Fo. Fig. 37 und 38, Taf. II; Fig. 46, 47, 49, 50, Taf. II), an denen eine besondere Differenzierung in dem Sinne stattgefunden hat, dass nunmehr ausserordentlich zarte Gefässnetze die einzelnen Follikelkuppen überspannen (spr. Gr. Fo. Fig. 52 ung 53, Taf. II).

Interessanterweise unterliegen einer derartigen Differenzierung (Ausreifung) nicht alle an der Oberfläche des Ovariums ursprünglich feststellbaren Follikel. Nur eine relativ kleine Anzahl von Follikeln reift aus. Gewöhnlich gelangen nur so viele Follikel zur Ausreifung, als zur Zeit der Ovulation zum

---

[1]) Corner (cit. i. h. l.) erwähnt, dass zuweilen an den Eierstöcken von trächtigen Schweinen, wo bekanntlich der Reduktionsprozess an den gelben Körpern eine Sistierung erleidet oder wenigstens ein viel langsameres Tempo einzuschlagen pflegt, rückgebildete gelbe Körper festzustellen sind, die früheren Ovulationsperioden angehören müssen. Über zwei Ovulationsperioden hinaus kann sich aber das Alter solcher rückgebildeter Follikeldrüsen nicht erstrecken.

Platzen gelangen. Die übrigen, nicht zur Reife gelangenden Follikel scheinen der Atresie anheimzufallen.

Wie in der eigentlichen Gelbkörper-Genese sich ein Differenzierungsparallelismus[1]) zwischen linkem und rechtem Ovarium ergibt, so zeigt sich auch in der Differenzierung und im Ausreifungsprozess an den Follikeln eine Kongruenz im Bereich der Organe einer paarig angelegten Gonade. Zeigen sich am Ovarium der einen Seite erweiterte Graafsche Follikel, so lassen sich solche auch am Ovarium der andern Seite feststellen.

Den morphologischen Befunden nach scheinen also auch die Vorgänge, die zur Ausreifung Graafscher Follikel führen, in gewissem Sinne abhängig zu sein vom Fortschritt der Metamorphose, die sich an den Follikeln einer vorausgehenden Periode bezw. an den gelben Körpern derselben Interovulationszeit vollzieht. Die Vorgänge, die zur Ausreifung neuer Graafscher Follikel führen, richten sich in der Art und Weise ihres Vollzugs nach dem Gang des Aus- resp. Rückbildungsprozesses der diesen Follikeln in ihrer Genese vorangehenden gelben Körper. Graafsche Follikel zeigen sich an den Ovarien zu allen Zeiten der Gelbkörper-Genese; reife Follikel jedoch nur, wenn die betreffenden Corpora lutea in ganz bestimmte Phasen der Rückbildung getreten sind. Der follikuläre Reifungsprozess setzt erst dann ein, wenn die gelben Körper aus den zuletzt gesprungenen Follikeln ihre maximale Entwicklung erreicht haben.

Diese Feststellung ist nicht ausser Acht zu lassen, wenn es sich darum handelt, auf die funktionelle Bedeutung der Follikeldrüsen hinzuweisen.

Unsere Ergebnisse scheinen die Mutmassungen Zschokkes[2]) zu bekräftigen: „Wenn Clark die Bedeutung des gelben Körpers auffasst als eine Regulation der Zirkulation im Ovarium, so mag er nach dieser Hinsicht nicht Unrecht haben. Allein damit ist dessen Bedeutung nicht erschöpft. Vielmehr scheint das Bestehen des gelben Körpers die Reifung weiterer Follikel zu beeinflussen.“ Befunden an Ovarien des Rindes zufolge, die mit unsern am gleichen Material

---

[1]) In Übereinstimmung damit findet Corner (1915, cit. i. h. l.) bei der histologischen Untersuchung von gelben Körpern aus Ovarien von Schweinen, deren Tragzeit eine übereinstimmende ist, dass die Follikeldrüsen unter sich und im Hinblick auf ihre linksseitige und rechtsseitige Provenienz vollständig identische Strukturverhältnisse aufweisen.

[2]) Zschokke, E. 1900. Die Unfruchtbarkeit des Rindes, ihre Ursachen und Bekämpfung. Zürich, Art. Inst. Orell Füssli.

gewonnenen Feststellungen übereinstimmen, sieht sich Zschokke veranlasst, daraufhinzuweisen, „dass der gelbe Körper nicht bloss Füllmaterial darstellt, um den entstandenen Substanzverlust zu decken, sondern dass dessen Bildung in Beziehung steht zur Ovulation. Nicht nur veranlasst die Wucherung die Ovulation, sondern es ist . . . . auch sehr wahrscheinlich, dass erst dann, wenn der gelbe Körper sich zu einem gewissen Grade durch Degeneration wieder reduziert hat, die Spannungsverhältnisse am Ovar neuerdings die Ausreifung Graafscher Bläschen veranlassen."

Zschokkes gewiss einleuchtende Theorie hat beim Rind, wo zuweilen gelber Körper und ausreifender Follikel nicht an einem Ovar vorhanden, sondern auf beide Gonaden verteilt sind, mit einer nicht leugbaren Schwierigkeit zu schaffen. Zietzschmann[2]) hat dieselbe richtig erkannt. Er verlieh ihr in nachstehender, klar gefasster Frage Ausdruck. „Aber wie soll z. B. das Corpus luteum oder eine einseitige Zyste vermittelst Spannung oder Druck auch auf den anderseitigen Eierstock einwirken?" —

Beim Schwein, wo normalerweise auf jedem der beiden Ovarien eines Keimdrüsenpaares gelbe Körper und reifende Follikel zusammen auftreten, kann ein ähnlicher Einwand nicht erhoben werden. Die Verhältnisse hierorts scheinen uns aber die ursprünglicheren zu sein. Und es ist nicht ausgeschlossen, dass eine entsprechende Regulation, wie sie am Schweineovarium sich manifestiert, auch in den Fällen besteht, wo es zu einer örtlichen Trennung von gelbem Körper und reifendem Follikel gekommen ist (Rind).

Im übrigen möchten wir aber durchaus nicht die funktionelle Bedeutung des gelben Körpers allein auf die Sphären ihrer Keimdrüsen übertragen wissen. Wir sind vielmehr der Überzeugung, dass dem gelben Körper neben dieser sozusagen lokal regulatorischen Funktion ein sehr weitreichendes Tätigkeitsfeld zusteht, dass ihm Verrichtungen überbunden sind, die im letzten Grunde auf Erscheinungen und Prozessen biochemischer Natur basieren.

Die morphologischen Befunde an den keimbereitenden Organen der weiblichen domestizierten Schweine lassen bei Betrachtung der im vorigen im einzelnen geschilderten Verhältnisse erkennen, dass hier ein ähnlicher Turnus in der Aus- und Rückbildung

---

[2]) „Vorlesungen", zitiert nach Krupski, A. 1918. (Vergleichende Betrachtungen über neuere Forschungs-Ergebnisse auf dem Gebiete der Sexual-Physiologie und Pathologie. Schweiz. Arch. f. Tierheilkunde, Heft 9, pag. 418.)

von gelben Körpern und in der Ausreifung von Graafschen Follikeln vorliegt, wie wir ihn beim domestizierten Rind an den weiblichen Genitalorganen festzustellen Gelegenheit hatten.

Nach Besprechung der anatomisch-morphologischen Verhältnisse sei uns noch gestattet, auf die Frage einzutreten, in welchen zeitlichen Zwischenräumen die turnusmässigen Erscheinungen sich abzuspielen pflegen. Es muss die Frage geprüft werden, wie lange eine einzelne Interovulationsperiode dauert.

Zunächst sei bemerkt, dass uns zur Zeit des Abschlusses dieses Aufsatzes zuverlässige Anamnesen, wie sie seinerzeit für das Rind erhältlich waren, nicht zur Verfügung stehen. Es war nicht möglich, Angaben von Terminen beobachteter Brunsten zu erhalten. Doch geben wir der Hoffnung Ausdruck, dass es uns in der Folge noch gelingen wird, die auf morphologisch-anatomischem Wege erhaltenen Ergebnisse auch anamnetisch nachprüfen zu können.

Mit einiger Sicherheit kann heute schon gesagt werden, dass eine Interovulationsperiode, der Zeitraum zwischen zwei Follikelaufsprungsterminen, beim domestizierten Schwein 21 Tage umschliesst.

Corner und Amsbaugh [1]) haben an einer Anzahl domestizierter Schweine festgestellt, dass die Ovulation zur Zeit der Brunst stattfindet. Sie halten dafür, dass sie sich am ersten oder zweiten Tag nach der Brunst (die Brunst erstreckt sich gewöhnlich auf drei Tage) einstellt. Ferner zeigten die beiden Autoren, dass die Ovulation beim Schwein unabhängig von der Copulation erfolgt. — Den Autoren stunden zur Beobachtung 10 geschlechtsreife Schweine zur Verfügung, die am Tage der Schlachtung oder am Vortage derselben brünstig waren. An den Ovarien von 8 Tieren waren die erweiterten Graafschen Follikel alle aufgesprungen und die Eier oder einige der Eier in den Tuben vorgefunden worden. Von diesen 8 Schweinen wurden 6 am zweiten, resp. dritten Tag der Brunstperiode, eines in der Zeit zwischen der 16. und 39. Stunde und eines im Zeitraum zwischen der 13. und 22. Stunde nach dem Einsetzen der Brunst getötet. An den Ovarien der restlichen zwei Schweine, bei denen der Eintritt der Brunst unbekannt blieb, wurden mit Ausnahme eines einzigen, eben geplatzten Follikels nur ungeborstene, allerdings stark erweiterte Follikel festgestellt.

Um nun zu wissen, in welchen Zwischenräumen die Ovulationen aufeinander folgen, muss in Erfahrung gebracht werden, in welcher

[1]) Corner, G. W. a. Amsbaugh, A. E. 1917, Oestrous and Ovulation in Swine. — Anat. Rec. Vol. 12, pag. 287—291.

zeitlichen Aufeinanderfolge die einzelnen Brunsten vor sich gehen, denn es wird für gewöhnlich eine Brunst auch beim Schwein von einer Ovulation begleitet sein.

In bezug auf die Länge der Dauer eines Brunstintervalles herrschen verschiedene Ansichten. Die einen Autoren erklären sich für zwei, die andern für drei und mehr Wochen. In Käppelis[1]) ausführlicher, sehr gewissenhafter Arbeit findet sich der Passus: „Das Hausschwein wird in der Regel alle drei Wochen brünstig". Nach Ellenberger und Scheunert[2]) kehrt bei domestizierten Schweinen die Brunst nach 9 bis 18 Tagen (!) wieder.

Corner[3]) äussert sich hierüber wie folgt: „The females of the wild swine are monestrous and give birth to one litter a year, according to Kaeppeli (1908). But in domestication the sow undergoes an oestrous cycle lasting 2 to 4 weeks, generally 3 weeks (Kaeppeli, Flemming)."

Nach eingezogenen Erkundigungen bei praktischen Züchtern scheint der dreiwöchentliche Turnus die Regel zu sein. Die Mehrzahl der Züchter erklärt sich in ihren Auskünften im Sinne des Herrn Gutwirtschafters Emil Gartenmann zu „Riethüsli" (Thurgau).

„Spezielle Beobachtungen über die Brunst bei Schweinen habe ich keine notiert. Dagegen an Hand meiner Erfahrung kann ich Ihnen folgendes mitteilen: Normal wiederkehrt die Brunst bei den Zuchtschweinen alle 3 Wochen; ausserdem sie werde durch besondere Umstände beeinflusst, wie z. B. Krankheit, ganz unnatürliche Haltung und intensive Fütterung. An Mast gestellte Schweine werden überhaupt nur schwach oder gar nicht mehr brünstig; d. h. erst dann nicht mehr, wenn sich schon ziemlich viel Fett angesammelt hat. — Mitunter kommt es vor, dass die Brunst in 8—14 Tagen wiederkehrt, was aber dann den berechtigten Zweifel an der Zuchtfähigkeit aufkommen lässt. Also kann angenommen werden, dass während des ganzen Jahres die Brunst in Zwischenräumen von 3 Wochen sich

---

[1]) Käppeli, J. 1908. Anatomie und Physiologie der Ovarien der Wiederkäuer und Schweine. Diss. Bern. — und: Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Ovarien von wildlebenden und gezähmten Wiederkäuern und Schweinen. Landw. Jahrbuch, Schweiz, Jahrg. 22, pag. 53—129.

[2]) Ellenberger, W. und Scheunert, A. 1910. Lehrbuch der vergleichenden Physiologie der Haussäugetiere. Berlin, Verlagsbuchh. P. Parey. „Innere Sekretion und Wechselwirkung der Organe" von W. Hausmann pag. 239—256; „Die Fortpflanzung" von W. Ellenberger pag. 701—717; „Brunst" pag. 705.

[3]) Corner, George W. 1915. The corpus luteum of pregnancy, as it is in swine. Contributions to embryology, vol. II. No. 5, pg. 69—94. Carnegie Institution of Washington. Publication No. 222.

wiederholt. Alles andere scheint nur eine Folge eines ungünstigen Einflusses zu sein.“ [1])

Es scheint also, dass das domestizierte Schwein in gleichen Zwischenräumen ovuliert wie das domestizierte Rind. Nach Ablauf von 21 Tagen ist die neue Ovulation zu erwarten. Die Vollentwicklung eines gelben Körpers fällt demnach vermutlich auch beim Schwein auf den 10./11. Tag. [2])

Gelingt es uns, noch nachträglich für einige Fälle die Brunstdaten zu bekommen, so wird es nicht allzu schwierig sein, dazwischen liegende Stadien der Corpus luteum-Genese nach der aufgestellten Organreihe altersgemäss approximativ zu bestimmen.

Das zahlenmässige Auftreten von gelben Körpern und Follikeln am linken und rechten Ovarium bei unträchtigen Tieren.

Nachdem Follikelzählungen und Feststellungen über das zahlenmässige Auftreten von gelben Körpern am Ovarium des Rindes das interessante Resultat ergeben hatten, dass das rechte Ovarium dem linken funktionell überlegen ist, mochte es sich rechtfertigen, der Frage auf den Grund zu gehen, wie beim Schwein als dem multiparen Vertreter der Säuger, linkes und rechtes Ovarium sich in bezug auf die Leistungsfähigkeit, Graafsche Follikel und gelbe Körper auszubilden, sich gegenseitig zueinander verhalten. Diese Frage war

---

[1]) Weber J. 1912. („Schweinezucht“. Verlag Huber & Co., Frauenfeld): „Die Brunst tritt bei unsern Kulturtieren viel früher und häufiger auf als bei den wildlebenden Tieren... Bei älteren Tieren (domestizierten) soll die Brunst regelmässig alle 3—4 Wochen wiederkehren, wenn die Tiere nicht befruchtet worden sind.“

Léouzon, L. 1883, (Manuel de la Porcherie, 4me édit. Paris, Librairie agricole de la maison rustique), äussert sich in übereinstimmender Weise: „Les chaleurs se manifestent chez la truie par des signes evidents... Cet état apparaît tous les vingt ou vingt cinq jours.“

[2]) Givkowitch und Ferry (G. u. F. 1912, Sur les rapports de l'ovulation et de la menstruation. C. R. de la Soc. Biol. T. 72, pag. 624—626; Note prélim.) sind erstaunt darüber, dass an den Ovarien der Schweine zur Zeit der Brunst immer gelbe Körper anzutreffen sind: In den ersten Tagen der Brunstperiode sind die gelben Körper „en voie de développement“, in den folgenden Tagen und gegen die Mitte der Brunstperiode aber auf dem Stadium ihrer Vollentwicklung, „pour regresser et s'atrophier complètement dans un temps très court après la disparition de tout phénomène du rute“. — Es steht ausser Zweifel, dass hier eine Täuschung vorliegt. G. und F. hatten offenbar nicht den Überblick über die ganze komplette Entwicklungsreihe. Es will uns scheinen, als ob die gelben Körper einer frühern Interovulationszeit für Corpora lutea der jüngsten Interovulationsperiode gehalten wurden.

umso verlockender, einer Lösung zuzuführen, als sie im Zusammenhang stand mit der Produktivitätsfähigkeit der einzelnen Ovarien eines paarig ausgebildeten Genitalorgans.

Da einerseits zur Ausbildung eines normalen gelben Körpers das Bersten eines ausgereiften Follikels die conditio sine qua non darstellt, anderseits angenommen werden muss, dass in jedem gereiften Follikel auch ein gereiftes Ei sich entwickle — eine Ansicht, deren Richtigkeit beim Rind durch die Feststellung des Übereinstimmens der Zahl der gelben Körper mit der Zahl der Embryonen im Falle der Zwei- und Dreifrüchtigkeit erwiesen wurde — liess sich aus dem Befund des Gelbkörper-Bestandes ein Bild von der Stärke des abgegebenen Keimmaterials gewinnen und feststellen, wie es mit der Eiabgabebereitschaft am einzelnen Ovarium bestellt ist.

Wie wir gesehen haben, werden beim Schwein normalerweise gelbe Körper am linken und rechten Ovarium ausgebildet. Nur ganz selten geschieht es, dass das eine der beiden Ovarien für die ganze Dauer der Geschlechtsdrüsentätigkeit von der Bildung gelber Körper dispensiert bleibt. Beinahe in allen uns zur Untersuchung überlassenen Fällen konnte konstatiert werden, dass, sobald die eine Geschlechtsdrüse in Funktion tritt, die andere ihre Tätigkeit gleichfalls aufnimmt. Gelangen beispielsweise am linken Ovarium gereifte Follikel zum Bersten und entwickeln sich aus den geborstenen Bläschen gelbe Körper, so spielen sich die nämlichen Vorgänge auch am rechten Ovarium ab. Der im vorigen geschilderte Turnus in der Aus- und Rückbildung gelber Körper und in der Neuentstehung sprungreifer Follikel vollzieht sich gleichlaufend an beiden Ovarien. Es besteht zwischen linkem und rechtem Ovarium ein Differenzierungsparallelismus. Am linken und rechten Eierstock spielt sich der Turnus in gleichem Tempo und in gleichem Sinne ab. Von einer alternativen Funktion des links und rechts gelegenen Organs, von einem rhytmisch sich vollziehenden oder willkürlich einsetzenden funktionellen Wechsel kann beim Schwein nicht die Rede sein.

Eine weitere Frage ist sodann die, ob die Zahl der am linken Ovarium zur Ausbildung gelangenden gelben Körper der Anzahl der an der rechten Keimdrüse ausgebildeten Corpora lutea entspricht. Gelangen zu Beginn eines Turnus gleichviel Follikel am linken und rechten Ovarium zum Bersten? Welches der beiden Ovarien pflegt zu praevalieren im Falle einer ungleichen produktiven Leistung?

Zunächst sei festgestellt, dass die Zahl der nach eingetretener Ovulation aus den Follikeln sich entwickelnden gelben Körper, von

beiden Ovarien zusammengenommen, keineswegs konstant ist. Die auf 200 untersuchte Fälle bezugnehmenden und unter der Rubrik „Gesamtzahl der Corpora lutea I“ angeführten Zahlen der Tabellen p. 424—434 unterliegen beträchtlichen Schwankungen. Nicht nur lässt sich eine Inkonstanz in der Anzahl der Corpora lutea von Fall zu Fall, von Individuum zu Individuum wahrnehmen; es zeigt sich auch eine Inkonstanz im zahlenmässigen Auftreten von gelben Körpern am Eierstock eines und desselben Individuums zu den Zeiten der einzelnen Turnusse.

Wie am gesamten Organ die Anzahl der gelben Körper zu wechseln pflegt, pflegt die Anzahl der Corpora lutea an den einzelnen Ovarien eines Organpaares zu variieren. Gewöhnlich weist das eine Ovarium eine grössere Zahl gelber Körper auf als das andere Ovarium.

Nur in 19 von 200 Fällen zeigten linker und rechter Eierstock gleichviel Follikeldrüsen (Ov./148: l. Ov. u. r. Ov. 4 g. K. — Ov./78 u. Ov./193: l. Ov. u. r. Ov. 5. — Ov./104 u. Ov./166: l. Ov. u. r. Ov. 6. — Ov./16, 21, 98, 138, 142: l. Ov. u. r. Ov. 7. — Ov./91, 172, 198: l. Ov. u. r. Ov. 8. — Ov./50, 64, 119 u. 171: l. Ov. u. r. Ov. 9. — Ov./8: l. Ov. u. r. Ov. 11. — Ov./15: l. Ov. u. r. Ov. 12).

In 98 Fällen waren am linken Ovarium mehr Ovulationen zu konstatieren als am rechten Ovarium, in 83 Fällen am rechten Eierstock mehr Ovulationen als am linken.

Haben wir es mit einer ungleichen Verteilung der gelben Körper in bezug auf die links- und rechtsseitige Gonade zu tun, so kann die eine der beiden Gonaden bald eine grössere, bald eine kleinere Überzahl von Follikeldrüsen aufweisen. Weitaus am häufigsten sind die Beispiele, wo nur wenige, 1, 2 oder 3 gelbe Körper an einer Gonade mehr vorhanden sind als an der andern Gonade. Mitunter ist aber auch die Überzahl eine gesteigerte (10 und 16 gelbe Körper an einer Keimdrüse mehr als an der andern).

Es wies das linke Ov.	1	Corp. lut. I mehr auf als das rechte Ov. in	14 Fällen
„ „ „ „ „	2	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „	22 „
„ „ „ „ „	3	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „	18 „
„ „ „ „ „	4	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „	8 „
„ „ „ „ „	5	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „	8 „
„ „ „ „ „	6	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „	11 „
„ „ „ „ „	7	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „	5 „
„ „ „ „ „	8	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „	5 „
„ „ „ „ „	9	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „	6 „
„ „ „ „ „	10	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „	1 Fall
		Anzahl der Fälle	98

| | | |

gehenden Turnus, d. h. in der mit der zweitletzten (vorletzten) Ovulation eröffneten Periode das follikeldrüsenreichere Ovar. In nachstehender Formel sei diese von der Natur in sinnreicher Weise getroffene Regelung zum Ausdruck gebracht:

Das linke Ovarium zeigt:	Das rechte Ovarium zeigt:
zur Interovulationszeit a:	zur Interovulationszeit a:
x gelbe Körper.	$x + n$ gelbe Körper.
zur Interovulationszeit b:	zur Interovulationszeit b:
$x_1 + n_1$ gelbe Körper.	x_1 gelbe Körper.
zur Interovulationszeit c:	zur Interovulationszeit c:
x_2 gelbe Körper.	$x_2 + n_2$ gelbe Körper.

Dieser Wechsel in der funktionellen Inanspruchnahme der einzelnen Ovarien während der Dauer einer Anzahl sukzessiv aufeinanderfolgenden Interovulationszeiten bedingt einen Ausgleich in der Arbeitsbelastung bei links- und rechtsseitigem Eierstock im Verlauf der ganzen Produktivitätsperiode. Innerhalb dieser wird das Mass der von der ganzen Geschlechtsdrüse zu leistenden Arbeit auf beide Ovarien annähernd gleichmässig verteilt. Innerhalb eines kurzen, von 2 Ovulationen abgegrenzten Zeitintervalles jedoch kommt es sehr oft zu einer überwiegenden Arbeitsbelastung der linken resp. der rechten Gonade. [1])

Zu ähnlichen Resultaten führen Zählungen, die auf das Vorkommen von Graafschen Follikeln Bezug nehmen. In allen Fällen, wo dies möglich war, haben wir eine Bestandesaufnahme der oberflächlich ausgebildeten Follikel an beiden Gonaden vorgenommen. Wir haben an äusserlich sichtbaren Follikeln gezählt: an 200 linksseitigen Ovarien 5734 Follikel, an 200 rechtsseitigen 5342 Follikel. Demnach entfallen auf ein linksseitiges Ovar im Durchschnitt 57,43 Follikel, auf ein rechtsseitiges Ovarium 47,27 Follikel. Das linke Ovarium pflegt also im allgemeinen etwas mehr Follikel auszubilden als das rechte Ovarium.

Von den Follikeln eines Ovariums gelangt jedoch nur eine relativ geringe Anzahl zur Ausreifung. Von den 57,47 Graafschen Bläschen des linken Ovariums gelangen im Durchschnitt nur 8,47 (14,74 %) zum Ausreifen und Bersten. Von den 47,27 Follikeln des rechten Ovariums durchschnittlich nur 7,97 (16,86 %) Follikel zum Platzen. [2])

[1]) vide die diesbezügliche Tabelle, pag. 400.

[2]) Nach Käppelis Befunden haben die Wildschweine eireichere Ovarien als die Hausschweine. Käppeli kommt zum Schluss, dass eine Verminderung der Eierzahl bei Rind und Schwein durch die Domestikation herbeigeführt worden ist, und dass die Reduktion umso grösser zu sein scheint, je höher gezüchtet und frühreifer die Haustierrassen sind.

Tabellarische Zusammenstellung einer Anzahl von Fällen mit abwechselnder Inanspruchnahme der linken und rechten Gonade für die Ovulation.

Materialbezeichnung	Corpora lutea — Bestand zur jüngsten Interovulationszeit		Die grössere Zahl von Ovulationen zeigt das	Corpora lutea — Bestand zur zweitjüngsten Interovulationszeit		Die grössere Zahl von Ovulationen zeigt das	Corp. lut. I am linken und rechten Ovarium zusammen	Corp. lut. II am linken und rechten Ovarium zusammen	Die nach zwei Ovulationen gebildete Anzahl von gelben Körpern am	
	l. Ov.	r. Ov.		l. Ov.	r. Ov.				l. Ov.	r. Ov.
Schw./3	15	7	l. Ov.	6	8	r. Ov.	22	14	21	15
Schw./9	10	12	r. Ov.	11	10	l. Ov.	22	21	21	22
Schw./10	9	6	l. Ov.	5	7	r. Ov.	15	13	14	13
Schw./14	5	9	r. Ov.	6	8	r. Ov.	14	14	11	17
Schw./24	5	9	r. Ov.	12	5	l. Ov.	14	17	17	14
Schw./52	12	5	l. Ov.	3	12	r. Ov.	17	15	15	17
Ov./53	4	6	r. Ov.	7	2	l. Ov.	10	9	11	8
Ov./55	7	12	r. Ov.	11	10	l. Ov.	19	21	18	22
Ov./59	6	7	r. Ov.	10	4	l. Ov.	13	12	14	11
Ov./70	9	10	r. Ov.	10	4	l. Ov.	19	14	19	14
Ov./73	10	5	l. Ov.	7	9	r. Ov.	15	16	17	14
Ov./75	12	7	l. Ov.	6	11	r. Ov.	19	17	18	18
						Total	199	182	196	185

Wie für das Rind ergibt sich auch für das Schwein: Zeichnet sich das Ovarium der einen Seite durch einen besondern Follikelreichtum aus, so tritt auch am andern Ovarium dieser follikuläre Wohlstand zutage. Ist das eine Ovarium eines Organpaares follikelarm, so zeigt sich für gewöhnlich die Follikelarmut auch am gegenüberliegenden Ovarium. Es besteht also ein Parallelismus zwischen beiden Ovarien im Hinblick auf die zahlenmässigen Follikelvorkommnisse. Zu einem Organpaar vereinigen sich normalerweise Gonaden, deren Follikelbestand annähernd gleich ist.

Feststellungen an Ovarien von trächtigen Tieren.

Die Ergebnisse aus den statistischen Feststellungen über das zahlenmässige Auftreten von gelben Körpern an Ovarien unträchtiger Schweine erlangen, wie im Vorstehenden bereits angemerkt wurde, sogleich eine vermehrte Bedeutung, wenn in Betracht gezogen wird, dass zur Ausbildung eines regelrechten gelben Körpers das Vorhandensein eines sprungreifen und zur Berstung gelangenden Follikels die Vorbedingung ist, und wenn man sich der Vorstellung nicht verschliesst, dass aus jedem sprungreifen Follikel zur Zeit der Ovulation ein Ei ausgestossen wird.

Was anhand zahlenmässiger Feststellungen für gelbe Körper ermittelt werden kann, besteht auch für sprungreife Follikel und befruchtungsfähige Eier zu Recht. Aus der Zahl der gelben Körper kann auf die Zahl der Ovulationen geschlossen werden. Die Anzahl der geborstenen Follikel ergibt die Höhe des Verlustes, den ein Ovarium infolge der Eiemission an Geschlechtsprodukten bei der Ovulation erleidet.

Im vorigen wurde gezeigt, dass in jedem Turnus eine grössere Anzahl Corpora lutea am linken und rechten Ovarium zur Ausbildung gelangt. Es gelangt demnach auch eine entsprechende Anzahl reifer Follikel zum Bersten, und es wird demnach auch bei jeder Ovulation eine grössere Anzahl von Eiern abgegeben. In der Voraussetzung, dass aus jedem berstenden Follikel ein Ei ausgestossen wird, sind wir berechtigt, bezüglich der Eiabgabe uns an die nachstehende Tabelle zu halten:

Anzahl der bei der letzten Ovulation aus den Graafschen Follikeln ausgetretenen Eier bei 100 unträchtigen, domestizierten Schweinen

(nach der Menge der geplatzten Graafschen Follikel).

Material-Bezeichnung	Anzahl der emittierten Eier aus einer paarigen Keimdrüse	Anzahl der emittierten Eier aus den Follikeln des linken Ovarium	Anzahl der emittierten Eier aus den Follikeln des rechten Ovarium
Schw. /68	27	16	11
/66	26	5	21
/54, 56, 70	25	9, 13, 9	16, 12, 16
/15, 25, 48, 77	24	12, 11, 16, 16	12, 13, 8, 8
/20	23	13	10
/88, 97, 8	22	12, 16, 11	10, 6, 11
/3, 9, 46	21	15, 10, 15	6, 11, 6
/35	20	8	12
/1, 30, 33, 49, 57, 99	19	9, 7, 7, 13, 6, 5	10, 12, 12, 6, 13, 14
/4, 11, 17, 50, 55, 63, /64, 69, 75, 76, 82	18	10, 8, 10, 9, 7, 12, 9, 7, 12, 8, 11	8, 10, 8, 9, 11, 6 9, 11, 6, 10, 7
/24, 28, 31, 65, 71, 73, /87	17	5, 11, 4, 17, 5, 10, 12	12, 6, 13, 10, 12, 7, 5
/32, 34, 38, 74, 83, 89, /90, 91, 94	16	7, 11, 6, 10, 9, 7, 12, 8, 6	9, 5, 10, 6, 7, 9, 4, 8, 10
/5, 2, 22, 36, 41, 47, 51, /52, 60, 62, 72, 80, 81, 85	15	3, 7, 6, 7, 6, 7, 9, 12, 7, 10, 12, 7, 9, 6	12, 8, 9, 8, 9, 8, 6, 3, 8, 5, 3, 8, 6, 9
/10, 16, 19, 21, 23, 39, /40, 42, 45, 59, 79, 98	14	9, 7, 8, 7, 9, 10, 5, 9, 6, 6, 8, 7	5, 7, 6, 7, 5, 4, 9, 5, 8, 8, 6, 7
/12, 13, 26, 27, 29, 44, /58, 67, 92, 100	13	4, 8, 6, 5, 8, 6, 7, 7, 7, 8	9, 5, 7, 8, 5, 7, 6, 6, 6, 5
/43, 84, 86, 93, 96	12	9, 4, 7, 7, 3	3, 8, 5, 5, 9
/6, 7, 12, 53	11	5, 9, 5, 4	6, 2, 6, 7
/37, 61, 78	10	6, 4, 5	4, 6, 5
/18	9	5	4
/8	8	5	3

Es dürfte von Interesse sein, die in vorstehender Zusammenstellung aufgeführten, auf dem Wege der anatomisch-morphologischen Forschung erhaltenen Resultate mit Ergebnissen zu vergleichen, wie sie aus der Erfahrung dem praktischen Züchter zur Verfügung stehen.

Durchschnittlich werden von einem Mutterschwein 6—8 Junge geworfen.[1]) Es sind Würfe bekannt, bei denen die Anzahl der geborenen Ferkel beträchtlich unter dieser Durchschnittsziffer liegt. Desgleichen sind Fälle festgestellt, in welchen die Zahl der Jungen eine weit höhere ist. Wir geben auf pag. 404/405 einen kurzen Auszug aus den von der Gutsverwaltung „Steinegg, Hüttwielen“ geführten Zuchtprotokollen und nehmen an dieser Stelle gerne Anlass, Herrn Gutsverwalter H. Graf für die freundliche Überlassung der Aufzeichnung zu danken.

Wie verhält sich die Zahl der aus der paarigen Keimdrüse zur Zeit der Ovulation abgegebenen Eier zur Anzahl der bei der Geburt zutage geförderten Foeten?

Die Zahl der gelben Körper und die Zahl der aus den Follikeln mutmasslich abgegebenen Eier stimmen nicht überein mit der Zahl der zum Austrag kommenden Foeten. Diese ist im allgemeinen kleiner, jene im allgemeinen grösser. Während durchschnittlich 16 Follikel am linken und rechten Ovarium insgesamt zur Zeit der Ovulation zum Bersten gelangen, werden durchschnittlich nur etwa die Hälfte, 8 Embryonen ausgetragen.

Dieses in bezug auf die Eiabgabe interessante Resultat erfuhr eine Bestätigung durch die direkte Untersuchung einer Anzahl trächtiger Schweine, deren Uteri und Ovarien einer genauen Inspektion auf gelbe Körper und Früchte unterworfen wurden.

Eine derartige Erweiterung des ursprünglich viel enger begrenzten Arbeitsprogrammes bot verschiedene Ausblicke. Zunächst konnte der Zustand der gelben Körper an den Ovarien zur Zeit der Gravidität erforscht werden. Dann war es möglich, die Anzahl der Foeten im Tragsack und die Anzahl der gelben Körper an den Ovarien festzustellen und die Befunde miteinander und untereinander zu vergleichen. Ergaben sich auf der linken und rechten Körperseite Unterschiede im zahlenmässigen Auftreten von Follikeldrüsen, so konnte dieser Feststellung der Fruchtbestand im einzelnen Uterushorn gegenüber gestellt werden.

---

[1]) Corner (cit. i. h. l.), dem 128 uteri trächtiger Schweine zur Untersuchung vorlagen, bestätigt dies. „My records show, that 6 is the commonest number of pigs in one litter, the extremes being 1 and 10.“

Bezeichnung der Zuchttiere	Wurde besprungen am	Hat geworfen am	Anzahl der ausgetragenen Jungen	Gesamtzahl der Würfe
S. U. 33 (geb. 19. IX. 14)	19. XI. 15	18. III. 19	6	
	13. V. 16	7. IX. 16	8	
	9. X. 16	28. II. 17	11	
	21. IV. 17	18. VIII. 17	7	6
	14. III. 18	14. VII. 18	10	
	25. XI. 18	5. III. 19		
	4. V. 19	—		
S. U. 94/70 (geb. 19. IX. 14)	20. IV. 15	13. IX. 15	10	
	6. XII. 15	1. IV. 16	11	
	9. VI. 16	31. IX. 16	11	
	8. II. 17	3. VI. 17	7	
	16. VII. 17	10. XI. 17	7	8
	21. I. 18	18. V. 18	8	
	10. VI. 18	14. X. 18	5	
	13. XII. 18	12. VI. 19	9	
	3. VI. 19	—		
S. U. 71/316 (geb. 1913)	27. IV. 14	21. VIII. 14	10	
	10. VIII. 15	7. X. 15	10	
	2. V. 16	27. VIII. 16	5	5
	12. X. 16	8. III. 17	15	
	21. IV. 17	15. VIII. 17	5	
S. U. 12 (geb. 15. V. 16)	20. III. 17	12. VII. 17	10	
	23. I. 18	27. V. 18	9	4
	10. VIII. 18	14. VII. 18	8	
	4. II. 19	30. V. 19	11	

Bezeichnung der Zuchttiere	Wurde besprungen am	Hat geworfen am	Anzahl der ausgetragenen Jungen	Gesamtzahl der Würfe
S. U. 10 (geb. 25. VIII. 16)	22. I. 18	27. V. 18	7	
	11. VIII. 18	14. XII. 18	9	3
	4. II. 19	30. V. 19	12	
S. U. 11 (geb. 25. VIII. 16)	12. I. 18	16. V. 18	5	
	22. VI. 18	26. X. 18	6	3
	7. XII. 18	10. IV. 19	8	
	28. V. 19	—		
S. U. 7 (geb. IX. 15)	28. VI. 16	13. XI. 16	7	
	4. VI. 17	26. IX. 17	6	
	11. I. 18	16. V. 18	9	4
	28. VI. 18	blieb unträchtig		
	20. IX. 18	27. I. 19	10	
	5. IV. 19	—		
S. U. 4 (geb. 19. IX. 19)	1. VII. 15	7. XI. 15	8	
	30. I. 16	15. V. 16	10	
	17. VI. 16	9. X. 16	7	
	10. VI. 17	10. IX. 17	Frühgeburt	6
	17. I. 18	21. V. 18	12	
	21. VII. 18	24. IX. 18	5	
	8. I. 19	4. V. 19	?	
	10. VI. 19	—		

Wir geben in nachstehender Zusammenstellung[1]) die Ergebnisse der Untersuchungen bei 29 trächtigen Schweinen.

In allen untersuchten Fällen ist die Gesamtzahl der am linken und rechten Ovarium vorhandenen gelben Körper (Corpora lutea graviditatis) grösser als die Gesamtzahl der im Uterus auffindbaren Embryonen. Die Zahl der gelben Körper übersteigt die Zahl der Embryonen in Fall „Schw./270“ um mehr als das Doppelte (16:7); desgleichen in den Fällen „Schw./283, 267, 298, 251, 258, 290“. In Fall „Schw./223“ ist die Zahl der gelben Körper mehr denn acht mal grösser als die Zahl der Embryonen.

Bezeichnen wir die Anzahl der im Uterus sich vorfindenden Früchte mit x, so ergibt sich für den Follikeldrüsen-(Gelbkörper- und Keimgut-)Bestand einer paarigen Gonade der Wert „x + n“.

Der Pluswert „n“ ist keineswegs konstant. Er unterliegt relativ grossen Schwankungen. In Fall „Schw./247“ beträgt er 1; in „Schw./270“ 9; in „Schw./254 und 261“ 4; in „Schw./207“ 20; in „Schw./227“ 15; in „Schw./294“5 ; in „Schw./256“ 6; in „Schw./267“ und „Schw./244“ 11; in „Schw./258“ 10.

An 29 Ovarien (linken und rechten) wurden bei trächtigen Schweinen insgesamt festgestellt: 472 Corpora lutea grav.; in den dazu gehörigen 29 Uteris insgesamt vorgefunden: 293 Embryonen. Es entfallen demnach auf einen Embryo nahezu 2 (1,6) gelbe Körper.

Das Ergebnis befindet sich im Widerspruch zu den an den Genitalorganen des *Rindes* gemachten Feststellungen, wornach, von einigen seltenen Ausnahmefällen abgesehen, die Zahl der gelben Körper (Co. lut. grav.) an den Ovarien der Zahl der Embryonen im Uterus entspricht, und des weitern im Widerspruch zur allgemeinen Annahme, bei den Säugetieren stimme schlechthin die Zahl der bei der Ovulation von den keimbereitenden Organen abgegebenen Eier überein mit der Zahl der bei der Geburt zum Austrag kommenden Embryonen.

Beim Schwein gelangen in Wirklichkeit zur Zeit der Brunst durchschnittlich doppelt so viel Follikel zum Bersten als zur Zeit des Wurfes Foeten ausgetragen werden. Man wird nicht irre gehen in der Annahme, dass auch doppelt so viel Eier aus den Gonaden in den Uterus abgegeben werden als Embryonen im Tragsack zur Entwicklung gelangen; haben wir doch keinen Grund, für das Schwein das zu leugnen, was wir für das Rind einwandfrei nachzuweisen in

---

[1]) vide pg. 408/409.

der Lage waren: dass jeder sprungreife Follikel, der platzt, auch ein zur Entwicklung bestimmtes Ei freigibt. Aus der relativ grossen Zahl der zur Zeit der Ovulation dem Tragsack übergebenen Eier gelangt demzufolge nur ein Teil, in vielen Fällen nur die Hälfte, in einigen nur ein kleiner Bruchteil zur Befruchtung.[1])

Es scheint uns angebracht, darauf hinzuweisen, dass beim domestizierten Schwein nicht nur väterlicherseits ein Überschuss von Geschlechtsprodukten aus den germinativen Drüsen an die Befruchtungsstätte abgeliefert wird, sondern dass auch mütterlicherseits die Gonaden das Bestreben zeigen, eine Überzahl von Keimzellen aufzubringen. Linkes und rechtes Ovarium, beide Gonaden beteiligen sich an der Aufbringung dieses Überschusses von Keimmaterial.

Die zur Beobachtung gelangten, auf trächtige Tiere bezugnehmenden Fälle lassen sich in drei Gruppen einteilen:

Erste Gruppe: Hieher gehören die Fälle Schw./223, 270, 283, 267, 298, 251, 258, 232, 290, 244, 215 und 300. Auf einige dieser Fälle sei im folgenden näher eingegangen.

Einfach zu interpretieren ist Fall Schw./223. Wir finden im Uterus 2 Embryonen, die auf beide Hörner verteilt sind. An den Ovarien wurden insgesamt 17 gelbe Körper festgestellt, von denen 9 auf das linke, 8 auf das rechte Ovarium entfallen. Von den zur Zeit der Ovulation in den Uterus abgegebenen 17 Eiern gelangten im linken und rechten Horn je eines zur Entwicklung. Die übrigen 15 Eier blieben unbefruchtet und keimten nicht.

Eine ähnliche Auslegung kommt den andern Fällen zu.

Fall Schw./270: Von den aus den berstenden Follikeln der linken und rechten Keimdrüse insgesamt abgegebenen 16 Eiern wurden im linken Horn 3, im rechten Horn 4 befruchtet. Die andere Hälfte der ins linke Horn abgegebenen Eier (3) blieb unbefruchtet. Im rechten Horn beträgt die Zahl der unbefruchteten Eier 6.

Fall Schw./283: Von den insgesamt in den Tragsack abgegebenen 24 Eiern entwickelten sich 11; 5 im linken und 6 im rechten Horn.

---

[1]) Dieser Befund findet zum Teil eine Erklärung in der Tatsache, dass bei den Suiden der Genitaltraktus ungewöhnliche Dimensionen aufweist und dass dementsprechend der Weg, den eine Eizelle auf ihrer Wanderung zur Keimstätte zurückzulegen hat, ein auffallend weiter ist (Länge des Eileiters samt Uterushorn in ausgespanntem Zustand 1 m 50 und mehr). — Mit diesem Zustand scheint die Natur zu rechnen. Sie sorgt für einen Überschuss an Keimmaterial.

Statistische Zusammenstellung zahlenmässiger Vor- 29 trächtigen

Gelbe Körper (corp. lut. gravidit.)				Embryonen	
Bezeichnung der einzelnen Fälle	Zahl am linken Ovarium	Zahl am rechten Ovarium	Gesamtzahl am paarigen Eierstock	Zahl im linken Uterushorn	Zahl im rechten Uterushorn
Schw.					
/247	9	7	16	9	6
/228	7	—	—	5	7[1])
/270	6	10	16	3[1])	4
/254	4	14	18	7	9
/223	9	8	17	1	1
/283	11	13	24	5	6
/267	11	7	18	3	5
/266	3	9	12	4	5
/219	12	6	18	8	8
/207	12	7	19	8	7
/298	13	6	19	5	4
/251	13	10	23	5	5
/227	7	11	18	7	6
/258	9	10	19	4	5
/263	10	5	15	5	5
/232	9	6	15	5	5
/290	16	7	23	5	4
/244	11	12	23	6	6
/294	9	3	12	4	3
/261	8	9	17	8	5
/215	8	11	19	6	9
/256	15	3	18	7	5
/300	8	7	15	3	1
/301	6	7	13	6	6[3])
/302	9	5	14	5	5
/303	9	3	12	6	5
/304	2	9	11	4	5
/305	2	10	12	5	5
/306	5	11	16	5	4

[1]) 1 Embryo aus dem betreffenden Fruchtstand abgestorben oder in der Entwicklung zurückgeblieben.

[2]) Der abgestorbene Embryo befindet sich auf einem 6 mm-Stadium.

[3]) Abgestorbener Embryo.

kommnisse von gelben Körpern und Embryonen bei Schweinen.

Embryonen					
Gesamtzahl der Embryonen im Tragsack	Geschlechtsverteilung				Kopfsteisslängen
	linkes Horn		rechtes Horn		
	männl.	weibl.	männl	weibl.	
15	5	4	3	3	17 —18 cm
12	3	2	4	2+1[3])	von 6,5— 8,3 cm
7	2	1[3])	1	3	ca. 22 cm
16	unbestimmt		unbestimmt		3,3— 3,2 cm
2	—		—		—
11	3	2	2	4	9,8—11,1 cm
8	2	1	3	2	21 —24,5 cm
9	2	2	2	3	15 —25 cm
16	unbestimmt		unbestimmt		3,5 cm
15	"		"		14 mm
9	4	1	4		15,5—18,5 cm
10	—		—		15 —20 cm
13	6	1	3	3	15 —20 cm
9	3	1	3	2	9,4—11 cm
10	nicht bekannt		nicht bekannt		—
10	"	"	"	"	—
9	—		—		—
12	—		—		—
7	1	3	2	1	14 —17 cm
13	5	3	3	2	12,7—15 cm
15	2	4	5	4	13 —14,5 cm
12	3	4	2	3	14,6—16 cm
4	1	2	1		20 —22,5 cm
12	unbestimmt		unbestimmt		18 mm[2])
10	3	2	3	2	ca. 15 cm
11	2	4	4	1	5 — 5,3 cm
9	1	3	4	1	ca. 16 cm
10	2	3	3	2	19,5—22 cm
9	4	1	2	2	19,8—22 cm

13 blieben unbefruchtet; vermutlich 6 im linken und 7 im rechten Horn.

Fall Schw./267: Zahl der aus beiden Ovarien ausgestossenen Eier 18. Zahl der befruchteten Eier 8. Zahl der unbefruchteten 10, die sich mutmasslich im Verhältnis 4 : 1 auf linkes und rechtes Horn verteilen.

Fall Schw./298: Von 19 Eiern haben sich 9 entwickelt, 5 im linken, 4 im rechten Horn. Unbefruchtet blieben 10 Eier. Zahl der unbefruchtet gebliebenen Eier im linken Horn 8. Zahl der unbefruchtet gebliebenen Keimzellen im rechten Horn 2.

Fall Schw./251: Von 23 Eiern gab das linke Ovarium 13 in das linke Horn, das rechte Ovarium 10 Eier in das rechte Horn ab. Im ganzen haben sich 10 Eier entwickelt, deren Früchte sich gleichmässig auf beide Hörner verteilen. 13 Eier blieben unbefruchtet.

Fall Schw./258: Es wurden abgegeben: vom linken Ovarium in das linke Horn 9 Keimzellen; vom rechten Ovarium in das rechte Horn 10 Keimzellen. Von den insgesamt abgegebenen 19 Eiern gelangten zur Entwicklung: im linken Horn 4, im rechten Horn 5 Eier. Die Zahl der unbefruchtet gebliebenen Fortpflanzungszellen beträgt 10. Mutmasslich blieben im linken und rechten Horn 5 Eier unbefruchtet

Fall Schw./232: Von den vom linken und rechten Ovarium zur Befruchtung abgegebenen 15 Eiern gelangten insgesamt 10 zur Vereinigung mit den männlichen Geschlechtszellen und gingen in Keimung auf. 5 Eier haben sich im linken Horn, 5 im rechten Horn entwickelt. Von den dem linken Horn übergebenen 9 Eiern blieben 4 unbefruchtet. Von den dem rechten Horn übergebenen 6 Eiern blieb eines unbefruchtet.

Fall Schw./290: Von den bei der letzten Ovulation aus beiden Ovarien in den Tragsack zur Befruchtung emitierten 23 Eiern haben im ganzen 9 den Weg der Entwicklung gefunden. 5 Eier haben sich im linken, 4 im rechten Uterushorn etabliert und entwickelt. Von den 16 in das linke Horn abgegebenen Eiern blieben vermutlich 11 unbefruchtet. Von den 7 dem rechten Horn überwiesenen Keimzellen gingen mutmasslich 3 zugrunde.

Die eben angeführten Fälle lassen sich auf die dargetane Weise interpretieren, wenn angenommen wird, dass aus jedem berstenden Follikel bei der Ovulation e i n Ei zur Abgabe gelangt. Wird dagegen die Annahme gemacht, es wären unter den 174 Follikeln, die zur Zeit der letzten Ovulation sicher geborsten sind (andernfalls hätte sich ja eine entsprechende Zahl von gelben Körpern nicht bilden können) einige mehreiig, dann müsste selbstverständlich die Zahl der unbefruchteten Keimzellen noch höher angesetzt werden.

Zweite Gruppe: Diese Gruppe umfasst die Fälle Schw./247, 207, 227, 263, 294, 261, 301 und 306, Fälle, deren Durchprüfung nachstehendes wahrscheinlich macht.

Die aus den Follikeln eines Ovariums (des linken oder des rechten) dem anliegenden Uterushorn (cornu sinistrum aut dextrum) abgegebenen Eier haben sich allesamt im betreffenden Tragsackhorn etabliert und kamen hierorts zur Befruchtung. Dagegen blieb ein Teil der aus den Follikeln des andern Ovariums dem anliegenden Uterushorn übergebenen Eier unbefruchtet.

Auf einige der hieher gehörenden Fälle möge des näheren eingegangen werden.

Fall Schw./247: Aus dem linken Ovarium sind zur Zeit der letzten Ovulation in das linke Horn 9 Eier abgegeben worden. Sämtliche wurden befruchtet und bildeten sich zu Embryonen aus. Sie verblieben im selben Horn, in welches sie nach dem Bersten der Follikel des anliegenden Ovariums unmittelbar hineingerieten. Von den aus dem rechten Ovarium stammenden und in das rechte Uterushorn abgegebenen 7 Eiern wurden nur 6 befruchtet, gelangten nur 6 zur Entwicklung.

Fall Schw./247 ist ähnlich Fall Schw./227: Die 7 Eier aus dem linken Ovarium haben sich allesamt im linken Uterushorn entwickelt. Von den 11 aus dem rechten Ovarium ausgestossenen Keimzellen gingen im rechten Uterushorn 5 zugrunde, 6 dagegen in Keimung auf.

Fall Schw./261 lässt sich auf gleiche Weise interpretieren.

In den Fällen Schw./207, 263 und 294 ist es das rechte Ovarium, das ausnahmslos befruchtungsfähige und keimtüchtige Eier geliefert hat. In Fall Schw./207 wurden 7 Eier, in Fall Schw./263 5 Eier aus dem rechten Ovarium in das rechte Horn des Tragsackes ausgestossen. In beiden Fällen gelangten in den rechten Hörnern die Geschlechtsprodukte vollzählig zur Entwicklung. In den linken Uterushörnern dagegen ging ein Teil der aus den linken Ovarien kommenden Eier zugrunde (in Schw./207 4 Eier, in Schw./263 5 Eier = die Hälfte des abgegebenen Keimgutes).

Dritte Gruppe: Die Fälle dieser Gruppe sind die interessantesten. In diese Kategorie gehören die biostatistischen Aufnahmen Schw./254, 266, 219, 256, 303, 304 und 305. Das ihnen Gemeinsame liegt in Folgendem: Obwohl die Gesamtzahl der im Tragsack sich vorfindenden Embryonen, wie wir es in den bereits besprochenen Fällen konstatieren konnten, mehr oder weniger weit hinter der Gesamtzahl der an den Ovarien ausgebildeten gelben Körper bezw. aufgesprungenen Follikel zurücksteht, so weist doch das eine Horn des Uterus mehr Früchte auf, als das auf der nämlichen Körperseite

gelegene Ovarium gelbe Körper (Corpora lutea graviditatis) aufweist. Die Zahl der auf einem der beiden Ovarien zur Reifung und zum Bersten gelangten Follikel ist kleiner als die Zahl der im anliegenden (gleichseitigen) Uterushorn geborgenen Embryonen.[1])

Diese interessante Erscheinung des Vorhandenseins eines Früchteüberschusses in einem der beiden Uterushörner bei gleichzeitigem Vorhandensein eines Überschusses an gelben Körpern am gegenüberliegenden Keimstock kann auf dreifache Weise erklärt werden.

1. Es wäre denkbar, dass sich an dem dem überfrüchtigen Horn anliegenden Ovarium mehreiige Follikel gebildet und zur Zeit der Sprungreife sich geöffnet hätten.[2])

2. Es könnte gemutmasst werden, es hätten sich aus einem oder aus mehreren Eiern nicht nur ein, sondern zwei oder mehrere Embryonen entwickelt. In diesem Falle hätten wir es dann mit der bei Gürteltieren bekannten Erscheinung der Polyembryonie zu tun.[3])

---

[1]) In den Fällen Schw./254, Schw./266, Schw./304 und Schw./305 haben sich im linken Uterushorn mehr Embryonen entwickelt als nach der Zahl der gelben Körper am linken Ovarium Graafsche Follikel zur Zeit der letzten Ovulation aufgesprungen sind.

In den Fällen Schw./219, Schw./256 und Schw./303 finden wir den Embryonenüberschuss im rechten Uterushorn (die rechts gelegenen Keimdrüsen weisen weniger gelbe Körper auf als die entsprechenden Hörner der Tragsäcke Früchte aufweisen).

In Fall Schw./254 und Schw./305 sind 3 Embryonen, in Schw./304 2 und in Schw./266 1 Embryo im linken Horn überzählig.

In den Fällen Schw./219, Schw./256 und Schw./303 sind in den rechten Hörnern je 2 Früchte überschüssig.

[2]) In Fall Schw./254, wo am linken Ovarium 4 Follikel zum Bersten gelangten und im linken Horn sich 7 Embryonen entwickelt haben, müsste angenommen werden, dass 3 eineiige und 1 viereiiger Follikel, oder 2 eineiige, 1 zweieiiger und 1 dreieiiger, oder aber 1 eineiiger und 3 zweieiige Follikel sich am Ovarium gebildet hätten.

In Fall Schw./266 hätten sich am linken Ovarium 2 eineiige und 1 zweieiiger Follikel ausbilden müssen.

In Fall Schw./219 hätten sich am rechten Ovarium 1 dreieiiger und 5 eineiige Follikel bezw. 2 zweieiige und 4 eineiige Bläschen öffnen müssen.

In den Fällen Schw./256 und Schw./303 müsste mit zwei Möglichkeiten gerechnet werden: entweder lägen 2 eineiige und 1 dreieiiger oder 1 eineiiger und 2 zweieiige Follikel vor.

In Fall Schw./304 müsste mit 2 zweieiigen oder einem eineiigen und einem dreieiigen Follikel gerechnet werden.

Bei Fall Schw./305 kämen entweder 1 eineiiger und 1 viereiiger oder 1 zweieiiger und 1 dreieiiger oder 1 dreieiiger und 2 eineiige Follikel in Frage.

[3]) Aus der Geschlechtsanalyse der Embryonen kann in den Fällen Schw./266 und 256 die Frage nicht entschieden werden, ob im linken resp. rechten Uterushorn unter den Früchten eineiige Zwillinge vorhanden sind oder nicht. Eineiige Zwillinge

3. besteht die Möglichkeit, dass aus dem Horn des Uterus, welches aus der anliegenden Keimdrüse die grössere Zahl von Eiern empfangen hat, einige Eier sekundär in das andere, gegenüberliegende, weniger beeite Horn abgeschoben worden wären.[1]) (Auch scheint eine Überführung von Embryonen aus einem Horn in das andere wenigstens nicht ausser Frage zu stehen).

(Mit der Möglichkeit, es könnten Embryonen aus dem einen Horn in das andere abgewandert sein, muss aus dem Grunde gerechnet werden, weil auf früher und frühester Stufe der embryonalen Entwicklung bei unseren Untersuchungstieren die Eihüllen keine engen Beziehungen zur Uteruswandung zeigen, und weil sich auch keine Verbindungen feststellen lassen, die eine Wanderung der Früchte unmöglich machten. In dieser Hinsicht haben die Embryonen zu Anfang ihrer Entwicklung im Innern desTragsackes eine gewisse Bewegungsfreiheit.)

Stehen wir in den Fällen Schw./254, 266, 219, 256, 303, 304 und 305 für die Überführungsmöglichkeit von Geschlechtsprodukten aus einem Horn in das andere ein (oder nehmen wir eine Verlagerung von Früchten an), so sind die Fälle Schw./254, Schw./266, Schw./304 und Schw./305 Beispiele für eine Dislokation von rechts nach links; die Fälle Schw./219, Schw./256 und Schw./303 exempla für eine Dislokation von links nach rechts.

Im Falle folliculärer Eineiigkeit und im Falle einer Totalbefruchtung der aus dem dem überfrüchtigen Horn anliegenden Ovarium abgegebenen Eier sind in Schw./254 und Schw./305 3 Eier, in Schw./304

---

sind erfahrungsgemäss ausnahmslos identischen Geschlechts. Der Geschlechtsaufnahme nach könnten in beiden Fällen sowohl männliche wie weibliche eineiige Zwillinge in Frage kommen. In Fall Schw./256 wären für das rechte Horn auch männliche eineiige Drillinge denkbar. In Fall Schw./266 dagegen, wo im linken Horn 2 Männchen und 2 Weibchen liegen, ist die Möglichkeit des Vorhandenseins eines eineiigen Drillings ausgeschlossen. In Fall Schw./304 könnte es sich allenfalls nur um weibliche eineiige Zwillinge handeln; in Fall Schw /303 nur um solche männlichen Geschlechts.

[1]) Corner (cit. i. h. l.) hat schon 1915 auf die Häufigkeit der Erscheinung einer Überwanderung von Geschlechtsprodukten am Genitaltraktus beim trächtigen domestizierten Schwein in seiner den Strukturverhältnissen der Corpora lutea gewidmeten Arbeit hingewiesen. Der Autor vertritt die Ansicht, dass sie („the migration") in 50% der Fälle beim Eintritt der Ovulation sich abspiele und dass ihr jeweils ein oder mehrere Eier unterliegen. Corner führt vier Fälle an, die den Beweis für eine Überwanderung nach seiner Ansicht erbringen. In jedem einzelnen Fall stimmte die Anzahl der an beiden Ovarien (linkem und rechtem) ausgebildeten Corpora lutea graviditatis überein mit der Zahl der insgesamt im Tragsack vorhandenen Früchte; eines der Ovarien entbehrte jedoch der gelben Körper. Nun fand Corner trotzdem in derjenigen Uterushälfte, die mit der Seite der follikeldrüsenfreien Gonaden korrespondierte, in zwei Fällen 1 Foetus, in zwei Fällen 3 Foeten.

2 Eier und in Schw./266 1 keimfähiges Ei vom rechten Horn in das linke Horn abgegeben worden. In Schw./219, Schw./256 und Schw./303 sind dem linken Horn je 2 Fortpflanzungszellen zugunsten des rechten Hornes expropriiert worden.

Aus folgenden Gründen halten wir die unter 3. aufgeführte Eventualität für die wahrscheinlichste. Mehreiige Follikel, namentlich vieleiige, sind am Ovarium der Säugetiere im allgemeinen selten. Die Zahl der Fälle, in welchen wir einen Embryonenüberschuss feststellen konnten, ist im Gegensatz dazu eine relativ grosse. Unter 28 Fällen (ein Fall darf wegen des Fehlens eines der beiden Ovarien nicht mitgerechnet werden) wurden in 7 Fällen (in 25 % der Fälle) einseitiger Früchteüberschuss festgestellt. Es ist wenig wahrscheinlich, dass in allen diesen 7 Fällen mehreiige Follikel an den betreffenden Ovarien geborsten sind.[1])

Desgleichen sind wir auch nicht in der Lage, Argumente anzuführen, die zugunsten der Erscheinung einer Polyembryonie sprechen. Eineiige Zwillinge oder Drillinge kommen deshalb hier nicht in Frage, weil in allen von uns untersuchten Fällen die Embryonen separate Eihüllen aufweisen. In keinem einzigen Fall lagen 2 oder mehr Embryonen in einer gemeinsamen Chorionblase eingeschlossen. Nun ist aber ja gerade für eineiige Zwillinge resp. Drillinge charakteristisch, dass ihnen eine gemeinsame Plazenta zukommt.

Jedenfalls ist beim Schwein, wie uns scheint, schon aus rein topographischen Gründen, nur an eine „innere", nicht aber an eine „äussere" Überwanderung — nach welcher ein oder mehrere Eier beispielsweise aus dem rechten Eierstock nicht in die rechte, sondern in die linke Tube durch die Bauchhöhle gelangen würden, um im linken

---

[1]) Schrön, O. 1863. Beitrag zur Kenntnis der Anatomie und Physiologie des Eierstocks der Säugetiere. Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. 12, pag. 409—427. — „Unter 400 Eierstockpräparaten von der Katze habe ich mehrere Eier in einem Follikel nur zweimal beobachtet, indem ich in einem Präparat einen Follikel mit 2 Eiern, in einem andern einen Follikel mit 3 Eiern fand. Unter 80 Präparaten vom Eierstock des Hundes habe ich einen einzigen Follikel mit 2 Eizellen gefunden (vide auch die diesbezüglichen Abbildungen in genannter Arbeit: Taf. XXXIII, Fig. 2)."

Auch Corner (1915, cit. i. h. l.) ist der Ansicht, dass mehreiige Follikel nicht häufig am Schweineovarium anzutreffen sind. „In sections I personnally have found only 2 polyovular follicles, one of them with 2, and the other with 3 ova, and these follicles were both small and undeveloped." . . . „The conclusion is that some of the 43 cases under discussion may have been due to the fertilization of ova from polyovular follicles, but that the latter certainly do not occur frequently enough to explain all the cases . ." (vide auch die Literaturangaben hierüber in Corners Arbeit pg. 91).

Horn des Tragsackes die weitere Entwicklung zu nehmen — zu denken.[1])

Befunde, die zugunsten einer inneren Überwanderung sprechen, liegen bei Tieren bereits vor. So hat z. B. Th. Bischoff (B. 1845. Entwicklungsgeschichte des Hundeeies, Braunschweig) schon in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts bei einem trächtigen Hunde am rechten Eierstock 1 Corpus luteum, am linken Eierstock deren 5 festgestellt. Da nun in jedem Uterushorn gleichviel, d. h. 3 Fruchthalter nachweisbar waren, lag die Annahme auf der Hand, 2 Eier der linken Seite wären durch das die beiden Hörner verbindende Cervikalstück nach dem rechten Horn hinübergewandert.

Leopold (L., G. 1880. Die Überwanderung der Eier. Arch. f. Gynaekol. Bd. 16, pag. 24—45) erklärt: „Die innere Überwanderung ist aber auch beim Menschen durch einzelne Fälle unzweifelhaft nachgewiesen, unter denen die von Hassfurther (H. 1868. Von der Überwanderung des menschlichen Eies. Diss. inaug. Jena) jedenfalls den ersten Rang einnimmt.“ Hassfurther findet nämlich am Abdominalende der rechten Tube einen durch feste Pseudomembranen zu den Nachbarorganen getroffenen Verschluss. „Gleichwohl war sie (die rechte Tube) Sitz des Fruchtsackes, während das Corpus luteum verum dem linken Eierstock angehörte, somit das befruchtete Ei aus der linken Tube durch den Uterus in die rechte Tube (!) übergewandert sein musste.“ — Leopold (1880), der auf experimentellem Wege selbst der Frage der Überwanderung von Keimprodukten nachgeht, glaubt den „unwiderruflichen“ Nachweis sowohl für die „innere“ wie für die „äussere“ Überwanderung am gleichen Versuchstier, beim Kaninchen, erbracht zu haben. Er unterbindet bei 7 Kaninchen und einem jungen Pinscher die rechten Tuben und durchschneidet sie in der Mitte; linkerseits unterbindet er unter sorgfältigster Schonung der Tuben die Ovarien und entfernt dieselben vollständig. In zwei Fällen kam es zu einer uterinen Fruchtentwicklung und zwar gleichzeitig im linken und rechten Uterushorn. Leopold äussert sich zu diesen Befunden wie folgt: „In erster Linie beschäftigt uns die Gegenwart von Fruchtsäcken in den linken Hörnern, also das evidente Merkmal äusserlich übergewanderter Eier. In den beiden Versuchen liegt auch noch die intrauterine Überwanderung von Eiern vor.“

---

[1]) Corner (1915, cit. i. h. l.) vertritt allerdings die gegenteilige Ansicht; er nimmt eine äussere Überwanderung an. „In all likelihood we can explain most of our cases by external migration.“ Die Frage scheint uns noch offen zu stehen. Sie ist keineswegs endgültig geklärt.

Grosser (G., O. 1919. Ovulation und Implantation und die Funktion der Tube beim Menschen. Arch. f. Gynaek. Bd. 110, Heft 2, pag. 297 — 327) hegt Zweifel an der Beweiskraft der Leopoldschen Versuche. Zur Überwanderungsfrage (innern Überwanderung) äussert er sich auf pag. 302: „Eine innere Überwanderung aus einer Tube in die andere, wie sie für den Menschen beschrieben wird, ist wohl ganz unvorstellbar. Bei Tieren mit zweihörnigen Uteris und einfachem Cervix scheint solches aber tatsächlich wenigstens im Bereich des Uterus vorzukommen; denn es sind entsprechende Beobachtungen von Bischoff am Hund und Van der Stricht an einer Fledermaus (Vesperugo noctula) nicht anders zu deuten."

Des näheren auf die Frage der innern Überwanderung einzutreten, müssen wir uns an dieser Stelle versagen.[1])

In diesem Kapitel, in welchem von makroskopischen Beobachtungen an Ovarien bei trächtigen Schweinen die Rede ist, sei es uns gestattet, auf einen Befund hinzuweisen, der die Frage der Persistenz der gelben Körper berührt, und der bei der Prüfung des Phänomens der „Nichtrückbildung" der Corpora lutea zur Zeit der Gravidität mit zu berücksichtigen ist.

Wie wir im vorigen gesehen haben, stimmt gewöhnlich die Zahl der zur Zeit der Ovulation zur Reife und zum Bersten gelangenden Follikel nicht überein mit der Zahl der im Uterus sich nachher vorfindenden Embryonen. (Die Zahl der berstenden Follikel und die Zahl der aus den berstenden Follikeln entstehenden Corpora lutea übertrifft für gewöhnlich die Zahl der im Uterus sich vorfindenden Embryonen). Die Frage liegt nahe: übt das Gesetz der Nicht-Rückbildung seine Wirkung nur auf eine bestimmte, mit der Menge der Embryonen übereinstimmende Zahl von gelben Körpern aus? Wie verhalten sich die gelben Körper, deren Follikel nicht aufkeimende Eier abgegeben haben? Erweisen sich diese Corpora lutea als echte Corpora lutea graviditatis, d. h. Corpora lutea persistentia, oder zeigen sie das Verhalten von gelben Körpern, deren Genese dem kurzfristigen Turnus folgt?

Nach den diesbezüglichen Befunden beim *Rind* war zu erwarten, dass alle gelbe Körper ohne Ausnahme sich gleich verhalten, d. h. unterschiedslos von Anbeginn der Tragzeit in denselben Dauerzustand versetzt würden. Dies ist denn auch beim *Schwein* tatsächlich der Fall. Kein einziger „überzähliger" gelber Körper macht hievon eine Ausnahme.

---

[1]) Weitere Literaturangaben enthält die Arbeit von Corner (1915, cit i. h. l.)

Alle befinden sich auf der nämlichen Stufe der Differenzierung. Auch in den Fälllen, in welchen die embryonale Entwicklung eine weit vorgeschrittene Gravidität verriet, zeigten vorgenommene Volumenbestimmungen an Corpora lutea grav., dass keine stark einschneidenden Rückbildungsprozesse sich an den einzelnen Follikeldrüsen vollzogen hatten. Sämtliche Corpora lutea grav. wiesen dieselbe Färbung am Gewebe auf.

Darnach ist also auch beim Schwein[1]) der allgemeine Umstand der Trächtigkeit massgebend für die Nichtrückbildung eines gelben Körpers und nicht das Schicksal des aus irgend einem Follikel eines Ovariums in den Tragsack abgegebenen Eies. Es genügt, wenn von den vielen zur Zeit der Ovulation aus den sprungreifen Follikeln ausgestoßenen Eiern ein einziges im Tragsack zur Entwicklung gelangt, um sämtliche aus den geborstenen Follikeln entstehenden Corpora lutea vom kurzfristigen Turnus abzuziehen.

Ebensowenig wie die Nichtentwicklung einer oder mehrerer Keimzellen des jeweiligen Ovulationsgutes bestimmend ist für den Dauerzustand der an den Ovarien differenzierten gelben Körper, ebenso wenig verkürzt das Eingehen (Absterben) einer einzelnen Frucht den um die Zeit der Gravidität verlängerten Turnus. Ob zur Zeit der embryonalen Entwicklung eine oder mehrere Früchte zugrunde gehen, ist gleichgültig; so lange der Zustand der Trächtigkeit besteht, fällt kein Corpus luteum graviditatis der Reduktion anheim. Es gibt wohl kaum ein günstigeres Objekt, an dem diese interessanten Tatsachen sich augenfälliger zeigen liessen als das Schweineovarium.

Vergleichendes.

Am Ovarium des domestizierten Rindes und Schweines unterliegt der gelbe Körper genetisch einem ganz bestimmten, zeitlich geregelten Turnus. Bei den unträchtigen Rindern und Schweinen differenziert sich zu jeder Ovulationszeit aus einem geborstenen Follikel ein gelber Körper, der um die Mitte der Interovulationsperiode herum seine volle Entwicklung erreicht und hernach der Rückbildung anheimfällt.

Der sich reduzierende gelbe Körper hat zu Beginn einer neuen Ovulation seine Rückbildung noch nicht beendigt; er reduziert sich

---

[1]) Und wahrscheinlich bei den multiparen Säugern überhaupt.

weiter im Verlauf der sich anschliessenden neuen Interovulationsperiode.

Beim Rind und Schwein ergibt sich des weitern ein Turnus in bezug auf die Ausreifung von Graafschen Follikeln. Die Ausreifung von neuen Graafschen Bläschen fällt in die zweite Hälfte einer Interovulationszeit. Neue Graafsche Follikel gelangen erst zur Ausreifung nach eingetretener Rückbildung des oder der bei der letzten Ovulation aus einem oder mehreren geborstenen Follikeln entstandenen gelben Körper.

Der Turnus, der sich auf die Ausreifung neuer Graafscher Follikel bezieht, ist somit bei Rind und Schwein im allgemeinen festgelegt durch den Fortschritt eines sich zyklisch an den gelben Körpern abspielenden Entwicklungsprozesses und im speziellen abhängig vom Grad der Reduktion des oder der aus den vorgängig sprungreifen Follikeln entstandenen Corpora lutea. Sowohl der auf die Entwicklung der gelben Körper Bezug nehmende Turnus als auch der auf die Neubildung und Ausreifung von Graafschen Follikeln Rücksicht nehmende Zyklus, beide spielen sich gleichlaufend am linken und rechten Ovarium ab.

Beim Rind, wo für gewöhnlich in einer Interovulationszeit nur ein gelber Körper ausgebildet wird, zeigt sich der erwähnte Antagonismus im folliculären Ausreifungsprozess und in der regressiven Metamorphose gelber Körper auch in den Fällen, in welchen das eine Ovarium das Corpus luteum, das andere Ovarium den sprungreifen Follikel ausgebildet hat und es zu einer Verteilung der beiden Gebilde auf linkes und rechtes Ovarium gekommen ist. Normalerweise beläuft sich die Dauer einer Interovulationsperiode auf 21 Tage.

Beim Schwein erfolgen die Ovulationen, falls die Brunstdaten mit den Ovulationsterminen zusammenfallen,[1]) ebenso wie beim Rind alle drei Wochen.

Beim Rind stimmt die Zahl der gelben Körper an den Ovarien in der Regel überein mit der Zahl der im Tragsack vorhandenen Früchte. Es gelangen in der Regel alle zur Zeit der Ovulation abgegebenen Eier zur Befruchtung und Entwicklung (im Falle der Einfrüchtigkeit zeigt sich ein Corpus lut. grav., bei zweifrüchtigen Tieren zeigen sich zwei gelbe Körper, bei dreifrüchtigen drei usw.).

Beim Schwein bersten für gewöhnlich mehr Follikel als Embryonen zur Entwicklung gelangen. Die Zahl der gelben Körper an den Ovarien ist eine grössere als die Zahl der im Uterus zur Entwicklung gelangenden Embryonen. Es wird beim Schwein ein

[1]) Was heute schon als ziemlich sicher gelten darf.

Überschuss von Fortpflanzungszellen in den Uterus abgegeben. Nur ein Teil (durschnittlich die Hälfte) der bei der Ovulation aus den berstenden Follikeln ausgestossenen Eier wird befruchtet.

Beim Rind entspricht die Art der Verteilung der gelben Körper auf die Ovarien der Art der Verteilung der Früchte auf die Uterushörner. Es findet also für gewöhnlich keine Überführung von Eiern und keine Dislokation von Embryonen von einem Horn in das andere statt. Unter mehreren 1000 Fällen fand sich nur ein einziger Fall mit gekreuzter Anordnung (l. Ov.: 1 co. lut. grav.; r. Ov.: mehrere rückgebildete gelbe Körper, kein co. lut. persist. — 1 Foetus im rechten Uterushorn; linkes Horn leer, ohne Frucht).

Beim Schwein scheinen Dislokationen viel eher und häufiger möglich zu sein.

An den Ovarien des unträchtigen Rindes spielt sich der Turnus der Aus- und Rückbildung gelber Körper, sofern er keinen Unterbruch erleidet, in regelmässiger Folge fortgesetzt während der ganzen Dauer der Produktivitätsperiode der Geschlechtsorgane ab. Beim Schwein dagegen ergibt die anatomisch-morphologische Untersuchung, dass die Anzahl der geregelten Turnusse eine viel beschränktere ist, dass nach Ablauf einer Anzahl Interovulationszeiten von einer regelmässigen Turnusfolge nicht mehr die Rede sein kann. Diese beim uniparen und multiparen Vertreter der Säuger in Erscheinung tretende Differenz in der Wiederholungsmöglichkeit von einzelnen Turnussen findet eine Erklärung in der verschieden starken Beanspruchung der Keimdrüsen für die Differenzierung von Follikeln und gelben Körpern im einen und andern Fall. Zunächst sei daran erinnert, dass normalerweise beim Schwein beide Ovarien zur Bildung gelber Körper in einer Interovulationszeit herangezogen werden, während beim Rind sich die Entwicklung eines sich turnusgemäss einstellenden gelben Körpers jeweilen nur an einer einzigen Geschlechtsdrüse vollzieht. Dadurch wird die andere Gonade entweder für die Reifung eines neuen Follikels freigehalten, oder sie bleibt, wenn der neue Follikel am selben Keimstock zur Reife gelangt, an welchem der gelbe Körper auswächst und sich rückbildet, für die ganze Dauer der betreffenden Interovulationszeit von eingreifenden geweblichen Veränderungen verschont. Die gleichsam ungeschwächte Gonade birgt zu Beginn eines neuen Turnus daher noch in sich ein Mass potentieller Energie, welches ihr Partner allein auszugeben angewiesen war: Wir sehen also an den Keimstöcken des Rindes das Prinzip der Arbeitsteilung innerhalb des paarigen Organs durchgeführt, während beim Schwein von einer Durchführung dieses Prinzipes nicht oder nicht ohne Vorbehalt die Rede sein kann.

Im weitern ist zu bedenken, dass die Zahl der in einer Interovulationszeit an den Ovarien sich entwickelnden Follikeldrüsen beim Schwein eine durchschnittlich 16 mal grössere ist als beim Rind. Dies bedingt eine dementsprechend durchgreifende Umbildung des follikulären und stromatösen Ovarialgewebes, einen viel rascheren Verbrauch und Aufbrauch des für die Differenzierung disponiblen Zellenmaterials. Dass beim Schwein infolge der ausserordentlich regen Drüsendifferenzierung am Ovarium und infolge der gleichzeitigen Ausreifung einer grösseren Anzahl Graafscher Follikel die Möglichkeit zu Druck- und Hemmungsatrophien gegeben ist, bedarf keiner besondern Erwähnung. Endlich muss gesagt werden, dass die durch die Eibefruchtung und Eientwicklung herbeigeführte Turnusunterbrechung sich beim Schwein nur auf ca. 115 Tage beläuft, während sie beim Rind einen Zeitraum von ca. 280 Tagen umfasst. Während der Graviditätsperiode gelangen bekanntlich keine neuen Follikel zur Ausreifung und es werden infolgedessen auch keine neuen gelben Körper ausgebildet. Das Schweineovarium ist deshalb viel rascher wieder in der Lage einen neuen Turnus in die Wege zu leiten als der Eierstock des Rindes.[1]) Alle diese Eintreffnisse führen beim Schwein zu einer viel rascheren und gründlicheren Erschöpfung des ovarialen Zellenmaterials. Von Haus aus kommen sich die Keimdrüsen der Suiden und Boviden in ihrer Grösse einander ziemlich nahe.

In bezug auf die Abgabebereitschaft von Keimprodukten und die Häufigkeit von Ovulationen sowie die Fähigkeit, Follikeldrüsen auszubilden, prävaliert beim Rind der rechte Eierstock über den linken. Beim Schwein zeigen sich die beiden Keimlager eines Gonadenpaares in dieser Hinsicht im allgemeinen ungefähr gleich kräftig. Soll von einer Prävalenz die Rede sein, so ist sie entschieden dem linken Eierstock zuzuschreiben.

Als wir beim Rind die Frage diskutierten, ob der dreiwöchentliche Turnus der Aus- und Rückbildung gelber Körper als eine primäre oder sekundäre Erscheinung zu bewerten sei, haben wir nicht versäumt, darauf hinzuweisen, dass bei der Herausgestaltung des zeitlich fixierten 21-tägigen Turnus, wie er sich bei unträchtigen Tieren einzustellen pflegt, die Domestikation eine nicht unbedeutende Rolle gespielt habe, und dass bei den Wildformen die Ovulationen und

---

[1]) Corner (1915, cit. i. h. l.) erwähnt einen Fall, in welchem eine genaue Buchführung über die Nachkommenschaft eines ausschliesslich zu Zuchtzwecken gehaltenen Mutterschweines vorliegt. Die erreichte Zahl der Würfe betrug 13. Angaben über das Alter des Stammtieres werden nicht gemacht.

Drüsenbildungen sich höchstwahrscheinlich nicht in dieser raschen Folge wiederholen würden.

Was wir in bezug auf das Rind gesagt haben, möchten wir auch für das Schwein aufrecht halten.

Wir pflichten Käppeli bei, wenn er sagt: „Wohl kein zweiter Lebensvorgang hat durch die Domestikation unserer ursprünglich in freier Wildheit lebenden Haustiere eine so entscheidende Beeinflussung und Umgestaltung erfahren, wie das Geschlechtsleben. Während die wildlebenden Tiere unter unseren klimatischen Verhältnissen nur zu gewissen Jahreszeiten, die für die gleiche Tierart übereinstimmen, bezw. nur einmal des Jahres brünstig und befruchtet werden, vollziehen sich bei der Mehrzahl und den am meisten beeinflussten unserer Haustiere, besonders beim Rind und Schwein, Brunst und Befruchtung völlig unabhängig.“ . . . „Unsere Befunde beim Haus- und Wildschwein zeigen, dass mit dieser äusserlich wahrnehmbaren Umformung des Geschlechtslebens auch eine auffallende Umgestaltung der Funktion und Beschaffenheit der Geschlechtsorgane, speziell des Uterus und der Ovarien, Hand in Hand gegangen ist.“

Eine machtvolle Stütze für diese Ansicht bilden die Ausführungen im fundamentalen Werk von C. Keller „Die Naturgeschichte der Haustiere“ 1915.

„Beim Wildschwein[1]) scheint sich die Ovulation nur zur Zeit der jährlich einmal vorkommenden Brunstperiode zu vollziehen. In der Zwischenzeit atresieren die Follikel, und die Eierstöcke verhalten sich wie bei jungen, noch nicht geschlechtsreifen Tieren.“

Von welcher Bedeutung gerade beim Schwein der Einfluss der Haustierhaltung sein kann, geht aus der den Züchtern wohlbekannten Tatsache hervor, dass unkastrierte Masttiere sich nur auf beschränkte

---

[1]) Käppelis Mitteilungen beziehen sich auf Betrachtungen am Wildschwein, die unter Aufsicht eines Tierarztes im Fürstlich Schwarzenbergschen Alttiergarten zu Frauenberg (Böhmen) gehalten werden, und deren Stammzucht auf einen Zeitraum von über 150 Jahren zurück verfolgbar ist. „Es dürften Überreste der damals noch freilebenden Wildschweine sein.“ Diese Wildschweine sind monoestral, einbrünstig. Die Brunst tritt Ende Oktober auf. Die Brunstzeit dauert bis Ende November. Die Dauer der Brunst lässt sich für das einzelne Tier nicht angeben; die Tiere leben im Tiergarten wild. Die Geburt der Jungen erfolgt im Februar oder März. Jene Wildschweine haben acht bis zehn Zitzen und gebären drei bis acht Junge, in der Regel vier. Die Ovarien sind nicht näher untersucht. „Obwohl auf den Ovarien der Wildschweine ein einziger gelber Körper gefunden wurde, ist doch nicht daran zu zweifeln, dass sich auch hier nach jedem normalen Follikelsprung solche entwickeln.“

Zeit fortpflanzungsfähig erhalten. Starker Fettansatz führt zur Unterbrechung, wenn nicht zum völligen Sistieren des regulären Turnus.

Käppeli (1918): „Es entspricht einem allgemeinen Naturgesetz, dass ein Organ, dessen Leistungen über ein gewisses Mass hinaus künstlich beeinflusst und gesteigert werden, leichter zu funktionellen Störungen hinneigt, besonders, wenn sich noch äussere Schwierigkeiten dazu gesellen."

Beim Schwein können die nämlichen Unterbrechungs- und Störungsmöglichkeiten für den Turnus in Frage kommen wie beim Rind (vide Denkschriften-Arbeit pg. 42—49).

Beispielsweise können sprungreife Follikel aus irgend einem Grunde nicht platzen. Die Follikel werden dann zu Zysten. Zystenbildungen scheinen bei den Schweinen nicht so häufig vorzukommen wie bei den Rindern. „Bemerkenswert ist wohl die Tatsache, dass ich auf den Ovarien der Wildschweine in keinem Falle und bei den zahlreichen Hausschweinen nur einmal Zysten gefunden habe (Käppeli)."

Gewöhnlich handelt es sich beim Schwein um eine multiple Zystenbildung (vide die Fig. 56—61 auf Taf. III), nicht um Solitärformen. In der Regel findet die Zystenbildung nicht nur an einem einzelnen Eierstock statt. Die zystöse Entartung der Ovarien ist gewöhnlich eine doppelseitige.

Inhalts-Verzeichnis.

Einleitung 377
Beobachtungen am Ovarium des domestizierten Rindes 380
Beobachtungen am Ovarium des domestizierten Schweines 384
Die morphologisch-anatomische Reihe in der Corpus luteum-Genese am Ovarium unträchtiger Schweine 384
1. Die Veränderungen am eben geplatzten Follikel 387
2. Rückbildungserscheinungen an den gelben Körpern . . . 388
3. Über die Ausreifung Graafscher Follikel 390
Das zahlenmässige Auftreten von gelben Körpern und Follikeln am linken und rechten Ovarium bei unträchtigen Tieren 395
Feststellungen am Ovarium von trächtigen Tieren 401
Vergleichendes 417
Inhaltsverzeichnis 422
Tafel-Erklärung 423
Tafeln.
Tabellen.

Tafel-Erklärung.

Ovarien von geschlechtsreifen unträchtigen domestizierten Schweinen in den natürlichen Grössenverhältnissen und Farben wiedergegeben.

Doppeltafel I und II: Totalansichten und Schnittbilder von Gonaden mit verschieden weit in der Entwicklung vorgeschrittenen gelben Körpern und Graafschen Folikeln.

Tafel III: Zystös entartete Ovarien von der Seite gesehen und in einem medianen Längsschnitt dargestellt. (Die Schnittbilder beziehen sich auf in Formol gehärtete Präparate.)

Die beiden Ovarien eines Organpaares liegen im Tafelbild nebeneinander auf gleicher Höhe, die entsprechenden Schnittbilder unter den betreffenden Keimdrüsen.

Jeder einzelne Fall ist mit einem grossen römischen Buchstaben bezeichnet. In *A* ist nur eine, die linke der beiden Gonaden abgebildet.

Die Fälle *A*—*K* veranschaulichen die aufsteigenden Stufen in der Entwicklung von Corpora lutea prima.

Die Fälle *L*—*R* sind die Belege für deren regressive Metamorphose.

In *A und S* zeigen sich an den Ovarien sprungreife Follikel.

co. lut. I = Corpus luteum primum
co. lut. II = Corpus luteum secundum
cyst. = Zyste
er. Gr. Fo. = erweiterter Graafscher Follikel
Gr. Fo. = Graafscher Follikel
r. g. K. = rückgebildeter gelber Körper
spr. Gr. Fo. = sprungreifer Graafscher Follikel

Die nämlichen Bezeichnungen, mit ′ versehen, beziehen sich auf die entsprechenden Organe im Schnitt.

Linkes Ovarium

Bezeichnung der einzelnen Fälle	Zahl der corp. lut. I	Zahl der corp. lut. II	Anzahl der oberfl. geleg. Gr. Follikel	Volumen des Ovariums *)	Gewicht des Ovariums **)	Länge und Breite des Ovariums ***)	
Ov./1	9	—	73	8	8,75	—	
/2	7	10	22	4,5	5,4	—	
/3	15	7	5	11	12,1	4,4	3,1
/4	10	14	14	4,5	5,7	3,2	2
/5	3	—	71	5,5	6,4	3,3	2,2
/6	5	—	44	5,3	5,9	2,9	1,7
/7	9	8	—	5	6,1	3,2	2,1
/8	11	11	31	11,5	12	4,4	2,6
/9	10	12	52	8,5	8,9	3,8	1,9
/10	9	6	46	11	11,4	4,2	2
/11	8	—	43	6,5	7,5	3,1	2
/12	4	—	58	6	6,3	3,1	1,9
/13	8	—	43	11	11,5	3,7	3,8
/14	5	9	—	2,7	3,3	3,8	1,7
/15	12	—	69	16,5	17,3	—	
/16	7	9	ca. 25	8	9,2	—	
/17	10	(10)	78	10,5	11,9	—	
/18	5	—	41	3,5	3,9	—	
/19	8	ca. 12	54	7,5	8,1	—	
/20	13	—	75	11,5	12,3	—	
/21	7	13	—	5,25	6,1	—	
/22	6	34	34	9,5	10,12	—	
/23	9	8	—	7,5	8,9	—	
/24	5	9	—	6,25	7,2	—	
/25	11	—	80	9	10,3	—	
/26	6	6	20	6,8	7,3	2,5	3
/27	5	—	23	4	4,7	2,8	1,9
/28	11	—	47	8	9,1	3,8	2,6
/29	8	—	41	6,2	7,1	3,2	2,3
/30	7	—	46	6,5	7,2	2,9	2,1
/31	4	—	—	6	7,3	3,6	2,2
/32	7	—	12	8	9,3	3,6	2,5
/33	7	—	37	10	10,8	3,5	2,6
/34	11	—	—	8	9,4	4,1	
/35	8	—	—	7,5	8,9	3,5	2,5
/36	7	—	—	8,5	9,3	3,7	2,2
/37	6	—	36	5	6,2	3,5	2
/38	6	14	—	3,5	4,3	2,6	2,2
/39	10	—	—	7	8,3	3,7	2,2

*) in cm^3; **) in Grammen; ***) in cm.

Rechtes Ovarium

Zahl der corp. lut. I	Zahl der corp. lut. II	Anzahl der oberfl. geleg. Gr. Follikel	Volumen des Ovariums	Gewicht des Ovariums	Länge und Breite des Ovariums		Gesamtzahl der corp. lut. I am paarigen Eierstock
10	—	83	8	8,2	4,1	2,1	19
8	13	37	5	6	—		15
6	8 (9)	6	6,5	7,7	4,1	2,5	21
8	5	9	4	4,7	3,3	1,5	18
12	—	66	9,5	10,2	4	2,5	15
6	—	47	5,5	6,3	3,6	1,8	11
2	4 (5)	—	3	3,3	2,6	1,4	11
11	9	22	12,5	13,3	4,2	2,2	22
11	10	49	9,5	9,8	4,1	2,1	21
5	7	53	7	7,8	3,3	2,5	14
10	—	31	6	6,4	3,1	2,1	18
9	—	45	9	10	4	3	13
5	—	49	8,7	9,7	3,5	2,3	13
6	8	—	2,5	3,2	2,7	1,5	11
12	—	46	15,5	16,7	—		24
7	7	ca. 25	7,1	8,1	—		14
8	(6)	64	9,5	10,2	—		18
4	—	37	3	3,4	—		9
6	ca. 6	34	6	6,4	—		14
10	—	70	10	10,6	—		23
7	ca. 10	—	4	5,8	—		14
9	—	35	6	6,4	—		15
5	4	—	5	6,1	—		14
12	5	—	12	13	—		17
13	—	67	8,5	10,3	—		23
7	6	19	8	9,3	3,25	2	13
8	—	17	5	5,65	2,9	2,3	13
6	—	44	6	6,8	3,1	2,2	17
5	—	36	5	5,9	3,1	1,9	13
12	—	43	8	9,4	3,6	1,7	19
13	—	—	12	13,2	4,9	2,6	17
9	—	9	8,25	9,6	4,5	2,6	16
12	—	34	12,5	13,3	4,2	2,5	19
5	—	—	3,75	4,45	2,9	2,5	16
12	—	—	11	12,3	4,3	2,7	20
8	—	—	8	9,3	3,2	2,1	15
4	—	40	5	5,9	3,2	2	10
10	12	—	2,75	3,6	2,7	1,8	16
4	—	—	5,5	6,5	3,3	1,6	14

Linkes Ovarium

Bezeichnung der einzelnen Fälle	Zahl der corp. lut. I	Zahl der corp. lut. II	Anzahl der oberfl. geleg. Gr. Follikel	Volumen des Ovariums	Gewicht des Ovariums	Länge und Breite des Ovariums	
Ov./40	5	—	—	8,5	9,8	3,5	2,3
/41	6	—	—	6,75	7,8	3,7	2,4
/42	9	—	—	8,25	9,8	3,7	2,9
/43	9	—	—	10	11	3,6	3
/44	6	—	—	6,5	7,6	3,5	2
/45	6	—	—	4,5	5,6	3,1	1,9
/46	15	—	—	11,5	17,8	4,6	3,9
/47	7	—	—	7	8,4	3,7	2,3
/48	16	—	94	16,5	18	4	3,2
/49	13	—	—	12	13,1	4,5	2,6
/50	9	10	—	10,6	12,3	4	2,9
/51	9	—	36	5	6,1	3,4	2
/52	12	5	—	9	10,1	4,1	2,3
/53	4	6	34	5,25	5,8	3,5	2
/54	9	7	42	7	7,8	3	2,5
/55	7	12	—	6,2	7,2	3,6	2,7
/56	13	7	61	11,5	12,3	4,1	3,1
/57	6	—	86	11	11,6	4,1	2,8
/58	7	—	8	4	4,5	2,9	2,2
/59	6	6	—	4	4,2	3	2,1
/60	7	—	11	5,7	6,4	3,5	2,3
/61	4	—	40	5,2	7	3,1	2,2
/62	10	6	—	7	8	3,2	2,4
/63	12	—	55	11	11	4,2	2,8
/64	9	—	86	8	8,7	3,6	2,1
/65	10	—	56	8,25	9	3,2	2,5
/66	5	—	8	7,5	7,6	3,7	2
/67	7	—	6	4,5	5,1	3,1	2,4
/68	16	—	46	11,5	12,1	3,9	2,6
/69	7	—	57	7	7,95	3,2	2,7
/70	9	10	73	14,5	15,4	4,7	2,8
/71	5	—	25	5,4	6,1	3,2	2
/72	12	6	46	8,7	9,7	3,6	2,5
/73	10	5	47	9,8	11,1	4,8	2,2
/74	10	4	44	9	9,3	3,6	2,6
/75	12	7	51	9,5	10,3	4,2	2,8
/76	8	8	56	7,5	8,5	4,2	2,6
/77	16	8	27	8,5	9,7	4,2	2
/78	5	8	43	5,75	6,5	—	
/79	8	—	51	6	6,5	3	2,5

Rechtes Ovarium

Zahl der corp. lut. I	Zahl der corp. lut. II	Anzahl der oberfl. geleg. Gr. Follikel	Volumen des Ovariums	Gewicht des Ovariums	Länge und Breite des Ovariums		Gesamtzahl der corp. lut. I am paarigen Eierstock
9	—	—	8,5	10,1	3,7	2,8	14
9	—	—	8,75	10	3,9	3	15
5	—	—	5,75	7,1	3,6	2,1	14
3	—	—	6,5	7,6	3,3	2,2	12
7	—	—	6	7,2	3,8	1,8	13
8	—	—	5	6,5	3,5	2	14
6	—	—	8,25	9,7	3,6	2,7	21
8	—	—	6,5	—	3,6	2,5	15
8	—	86	11,5	12,3	4,2	2,5	24
6	—	—	6,5	7,9	3,6	2,5	19
9	5	—	8,5	9,4	3,7	2,5	18
6	—	40	5	6,1	3,8	1,8	15
3	11 (12)	—	6	7	3,5	2,3	15
7	2	33	8	9	3,8	2,8	11
16	6	46	9,5	10,8	4,6	2,2	25
11	10	—	8	8,3	3,4	3	18
12	3	58	11	11	4,4	2,5	25
13	—	78	16,5	17,1	4,5	2,8	19
6	—	13	6,5	6,8	3	2,6	13
8	4	—	4,2	4,7	3,1	2	14
8	—	6	5,5	6,3	3,4	2	15
6	—	50	7,6	8,8	4	2,4	10
5	4	—	4,7	—	3,1	2,5	15
6	—	53	6,75	7,5	3,1	2,5	18
9	—	107	8	8,9	3,8	2,5	18
7	—	49	7,25	7,6	3,3	2,6	17
21	—	9	11,5	11,6	4,2	2,4	26
6	—	8	4,25	4,6	3,1	2	13
11	—	44	10,5	10,9	3,5	2,8	27
11	—	63	13,2	14	4,5	3,4	18
16	4	48	17,2	18,3	5	3,4	25
12	—	26	7	7,9	3,5	2,4	17
3	4	36	4	4,8	2,8	2,1	15
7	9	42	8,2	9,4	3,5	2,9	17
6	7	41	7,5	8,2	4	2,2	16
6	11	38	5,5	6,3	3,6	2,3	18
10	7	69	8,25	9,4	4,4	2,2	18
8	11	25	5	5,7	3,1	2,3	24
5	8	40	6,5	5,8	—		10
6	—	37	3,9	4,2	3,5	2	14

Linkes Ovarium

Bezeichnung der einzelnen Fälle	Zahl der corp. lut. I	Zahl der corp. lut. II	Anzahl der oberfl. geleg. Gr. Follikel	Volumen des Ovariums	Gewicht des Ovariums	Länge und Breite des Ovariums	
Ov./80	7	—	47	7	7,5	3,5	2,5
/81	9	8	31	5,25	5,3	3,6	1,7
/82	11	16	—	11,5	12,2	4,4	3,2
/83	9	—	8	5	5,4	3,4	2
/84	4	5	—	9	10,2	4,3	3,2
/85	6	—	31	4,75	5,4	2,9	2,1
/86	7	5	—	4	4,4	2,4	2,1
/87	12	—	8	8,5	9,5	3,9	2,4
/88	12	—	8	8,75	10,2	3,7	2,8
/89	7	—	—	8,25	9,4	4,2	3,2
/90	12	8	—	12	12,1	4,1	3,3
/91	8	9	—	6	6,9	3,6	1,8
/92	7	9	—	6	6,9	3,5	2,5
/93	5	—	—	5	5,7	3,3	2
/94	6	—	—	6,5	7	3,3	2,5
/95	7	5	—	6,5	7,3	3,5	2,5
/96	3	7	—	5,5	5	2,6	2,3
/97	16	14	—	9,2	10,4	3,8	2,8
/98	7	6	—	5	5,6	3	2,4
/99	5	4	—	6,25	7,2	3	2,6
/100	8	—	—	9	10,5	3,8	2,8
/101	9	8	—	8	8,5	4,7	2,6
/102	7	12	—	5,25	5,6	3,4	2,1
/103	7	7	24	9,8	10,1	4,3	2,5
/104	6	—	—	4,5	5,1	3,1	2,1
/105	11	6	133	9	10,4	4,4	2,5
/106	9	5	—	10	10,5	4,1	2,6
/107	7	12	—	5,5	6,4	3,1	2,5
/108	8	7	—	3	3,5	2,5	2,1
/109	6	11	96	7,25	8,3	3,5	2,3
/110	6	4	—	4,75	5,7	3,3	1,9
/111	5	—	—	5,5	6,4	2,9	2,3
/112	10	7	16	8	9,1	4	2,4
/113	14	16	45	7,75	8,7	3,3	2,7
/114	6	9	24	4,5	5,2	3,2	2,3
/115	7	9	—	6	7,2	3,4	2,1
/116	7	—	50	5,5	6,3	3,3	2,3
/117	8	6	13	4,25	4,8	3,9	2,2
/118	11	—	—	11,6	12,5	4,1	3,1
/119	9	13	—	8	8,3	3,3	2,9

Rechtes Ovarium

Zahl der corp. lut. I	Zahl der corp. lut. II	Anzahl der oberfl. geleg. Gr. Follikel	Volumen des Ovariums	Gewicht des Ovariums	Länge und Breite des Ovariums		Gesamtzahl der corp. lut. I am paarigen Eierstock
8	—	33	6,5	7,3	3,6	2,3	15
6	10	28	5	6,2	3,5	1,8	15
7	16	—	8	8,8	3,8	2,2	18
7	6	—	4,2	4,8	3,1	2	16
8	6	—	5	5,7	3	2,1	12
9	—	24	5	5,6	3,3	2,1	15
5	9	—	5	5,8	3,1	2,1	12
5	—	8	4,6	5,4	2,8	2,2	17
10	—	8	6,6	7,8	3,7	2,7	22
9	—	—	8,5	10,3	3,6	2,6	16
4	6	—	5,75	6,2	3,7	2,4	16
8	8	—	6,5	7,4	3,7	1,7	16
6	8	—	5,9	6,4	3,4	2,3	13
3	—	—	4	4,6	2,8	2,1	8
10	—	—	4	4,3	3	2	16
5	6	—	5	4,9	3	2	12
9	4	—	6,5	7,5	3,1	1,8	12
6	16	—	5,5	6,3	3,9	2,1	22
7	3	—	4,5	5,1	3,8	2,3	14
14	3	—	8,5	9,9	2,8	2,2	19
5	—	—	6,75	7,8	3,4	2,2	13
8	7	—	6	7,3	3,7	3,9	17
11	14	—	6	6,6	3,6	2,3	18
6	4	28	6,5	7,4	3,4	2,4	13
6	—	—	4,5	6,1	3,2	2,1	12
5	5	87	5,5	6,5	3,4	2,2	16
7	7	—	9	10,1	4,4	2	16
10	10	—	8,25	9,3	3,5	2,7	17
6	7	—	2,75	3,4	2,8	1,7	14
8	10	76	8	8,6	3,4	2,6	14
10	15	—	6,75	7,9	3,8	2,8	16
11	—	—	6,5	7,5	3,1	2,3	16
9	8	23	7	8	4	2,2	19
5	17	30	4,5	5,5	3,2	2,5	19
12	10	—	5,75	6,8	3,5	2,4	18
8	8	—	6,75	7,7	2,9	1,9	15
6	—	70	5,5	6,3	2,8	2	13
3	5	20	2,6	3,1	2,4	2	11
5	—	—	8	8,8	3,2	2,6	16
9	6	—	7	7,7	3,8	2,1	18

Linkes Ovarium

Bezeichnung der einzelnen Fälle	Zahl der corp. lut. I	Zahl der corp. lut. II	Anzahl der oberfl. geleg. Gr. Follikel	Volumen des Ovariums	Gewicht des Ovariums	Länge und Breite des Ovariums	
Ov./120	7	10	9	6	6,7	3,5	2,3
/121	9	—	11	6	6,8	3,5	2,5
/122	9	9	—	10,5	11,3	4,2	3,4
/123	8	15	—	5	6	3,3	2,4
/124	8	7	34	6	6,7	—	
/125	8	11	85	7,75	8,8	—	
/126	7	8	87	6	6,9	—	
/127	12	15	—	4,5	5,5	—	
/128	8	10	51	7	8,3	—	
/129	6	8	—	6,25	7,4	—	
/130	2	7	12	3,5	4,4	3	2,4
/131	10	8	—	6,5	7,9	3,7	2,9
/132	10	6	55	9	10	4,1	2,8
/133	11	16	76	17	18,4	5,4	3,1
/134	5	7	40	4,5	5,6	4	2,3
/135	5	5	77	5	6	3,8	2,6
/136	11	10	80	11	12,6	4,6	2,9
/137	10	8	—	6	7,1	3,5	2,3
/138	7	6	37	10	10,8	4,2	2,7
/139	9	8	140	11,5	12	4,1	2,9
/140	8	13	71	10	11,1	3,9	3,1
/141	9	5	58	9	9,7	4,4	2,8
/142	7	13	67	9	10,6	4,8	3,2
/143	11	7	—	13	14,3	4,8	3,7
/144	14	9	62	14,5	15,4	4,8	3,8
/145	7	12	61	7,5	9,2	3,5	2,5
/146	10	—	—	7	8,1	3,4	2,7
/147	16	—	8	6,75	8	4,1	2,8
/148	4	3	14	4,5	5,6	3,4	2,5
/149	10	11	40	11	12,3	4,7	3
/150	9	5	47	8	8,2	3,8	2,9
/151	6	7	32	4,5	5,3	3,6	1,8
/152	8	13	27	7	8,1	3,9	2,7
/153	11	6	—	10,6	11,2	4,1	2,7
/154	8	20	—	9	10,1	4,3	2,9
/155	7	—	91	9	9,6	3,7	2,5
/156	8	13	—	4	4,9	3,3	2,4
/157	13	9	90	14,5	15,5	4,3	3,1
/158	9	7	—	11	11,5	4,5	2,1
/159	16	—	14	5,5	6,5	3,8	2,3

Rechtes Ovarium

Zahl der corp. lut. I	Zahl der corp. lut. II	Anzahl der oberfl. geleg. Gr. Follikel	Volumen des Ovariums	Gewicht des Ovariums	Länge und Breite des Ovariums		Gesamtzahl der corp. lut. I am paarigen Eierstock
12	5	9	6	6,8	3,6	2,2	19
6	—	10	6	6,6	3,4	2,4	15
11	4	—	13,5	14,2	5	3,1	20
12	11	—	5,5	6,4	3,5	2,1	20
9	9	20	5,75	6,6	—		17
6	5	98	7	8,1	—		14
11	4	68	7	8	—		18
7	8	—	3	3,5	—		19
7	7	38	6,25	7,6	—		15
7	6	—	6,75	8,3	—		13
5	2	21	4,75	5,45	3,2	2,2	7
7	6	—	5	5,9	3,8	2,7	17
8	6	39	8,5	9,8	3,8	2,4	18
7	3	107	12	13,2	4,2	2,9	18
8	—	54	8	9,6	4,3	2,8	13
10	3	68	6	7,4	3,2	2,5	15
9	7	57	9,5	11,1	4,9	2,4	20
7	6	—	4,75	5,6	3,2	1,8	17
7	4	42	10	11,2	2,9	2,8	14
11	9	60	12	12,6	4,2	3,5	20
11	8	86	10,6	12,7	4,8	3,2	19
6	2	57	7,5	8,1	3,3	2,7	15
7	9	70	8	9	4,1	3	14
7	9	—	9,5	10,2	4,6	3,1	18
8	10	58	10	11	4,4	3,2	22
8	6	61	7,75	9,1	3,9	2,7	15
7	—	—	5,75	6,8	3,2	2,4	17
7	—	9	7	8,1	4,1	2,7	23
4	4	24	4,5	5,7	2,9	1,8	8
8	6	50	9,2	10,2	4,2	2	18
6	4	56	7	7,1	3,5	2,7	15
4	10	24	3,5	4,2	3,3	2,4	10
7	4	15	5,75	6,8	3,3	2,4	15
3	11	—	6,6	7,4	3,5	2,8	14
6	10	—	6,5	7,5	3,9	2,5	14
8	—	77	10	10,02	4,2	2,9	15
7	14	—	4,5	5,1	3,3	2,6	15
6	6	90	10	10,5	4,7	2,7	19
10	2	—	7,5	8,6	3,2	2,8	19
19	—	21	6,5	7,5	4,2	2	35

Linkes Ovarium

Bezeichnung der einzelnen Fälle	Zahl der corp. lut. I	Zahl der corp. lut. II	Anzahl der oberfl. geleg. Gr. Follikel	Volumen des Ovariums	Gewicht des Ovariums	Länge und Breite des Ovariums	
Ov./160	7	12	10	4	5,2	3,4	2
/161	8	7	50	5,75	6,8	3,1	2,5
/162	10	7	56	11,5	12,2	4,2	3,1
/163	8	—	66	7,5	8,1	3,5	2,5
/164	5	5	83	6,25	7,4	3,9	3
/165	11	—	8	6,5	7,6	3,5	2,2
/166	6	—	47	5	5,7	3,4	2,3
/167	6	16	—	7	7,6	3,4	2,6
/168	9	13	64	8	8,9	4,4	2,1
/169	15	—	7	5	5,5	3,2	1,9
/170	11	—	—	10	15,7	5	2,6
/171	9	—	—	6	7,1	3,4	2,4
/172	8	10	109	8,5	9,7	4,6	2,3
/173	11	8	—	5	5,6	3,3	2,4
/174	6	7	—	3,5	4,1	2,8	2,2
/175	9	8	36	3	3,8	2,9	2,1
/176	9	—	—	11	11,5	3,7	2,8
/177	5	—	—	3,5	4,3	2,6	1,9
/178	9	7	65	6,5	7,5	3,8	2,4
/179	8	10	—	3	3,7	2,6	2,1
/180	6	9	79	5,5	6,9	3,7	2,4
/181	11	12	80	8,5	8,8	4	3
/182	6	—	64	5,75	6,3	3,6	2,4
/183	10	15	—	13	13,6	4,7	2,7
/184	16	21	—	8,5	9	4,2	2,6
/185	5	10	93	6,75	7,6	3,8	2,9
/186	5	7	62	5	5,8	4	2,4
/187	7	11	103	9	9,2	3,7	2
/188	9	12	—	4,5	5,2	3,2	2,4
/189	9	17	—	6	6,3	4,1	2,6
/190	6	11	—	2	2,5	2,5	1,9
/191	5	9	36	4,5	5,5	3	2,3
/192	5	15	—	4,5	5,2	3,3	1,8
/193	5	5	52	4,5	5,6	3,5	2,2
/194	11	9	105	7,5	8,9	4	2,2
/195	10	14	—	10	10,7	3,6	2,8
/196	15	—	11	7	7,9	4	2,3
/197	11	5	45	4	5,2	3,2	1,8
/198	8	14	—	3	3,6	2,6	2
/199	10	6	117	9	10	11	3
/200	10	10	51	7,5	8,8	4	3

Rechtes Ovarium

Zahl der corp. lut. I	Zahl der corp. lut. II	Anzahl der oberfl. geleg. Gr. Follikel	Volumen des Ovariums	Gewicht des Ovariums	Länge und Breite des Ovariums		Gesamtzahl der corp. lut. I am paarigen Eierstock
9	9	18	7	7,8	3,9	3	16
9	4	46	6	6,9	3,7	2,9	17
9	5	49	10	10,8	4,4	3,4	19
5	—	67	6,5	7,1	3,3	2,5	13
8	6	100	8,25	9,2	3,7	2,7	13
13	—	8	6,5	7,3	3,2	2,1	24
6	—	27	5	5,8	3,5	2,2	12
9	14	—	10	10,3	4,8	2,4	15
6	7	51	6	6,3	2,9	2,5	15
8	—	7	4	4,7	3	1,9	23
7	—	—	10,5	11,4	4	3,1	18
9	—	—	6,5	7,6	3,4	2,7	18
8	5	84	7,75	9	3,7	2,8	16
5	11	—	3	3,5	3	2	16
7	7	—	3	3,85	2,9	2,25	13
4	8	16	2	2,7	2,7	1,3	13
12	—	—	7,75	9,1	3,6	2,5	21
9	—	—	3,5	4,3	2,8	2	14
7	2	54	4,5	5,7	3,6	2,3	16
5	3	—	2	2,8	2,6	1,8	13
7	6	51	6	7,3	3,7	2,2	13
13	10	66	10	10,6	4,8	2,9	24
9	—	59	5	5,8	3,5	1,9	15
9	—	—	11	11,3	4,4	2,4	19
11	13	—	5,5	5,9	3,9	2,2	27
12	6	95	11	11,7	4,5	2,1	17
8	5	69	6,5	7,7	3,8	2,5	13
9	13	96	9	9,2	4,2	2,3	16
7	11	—	3	3,6	2,6	1,6	16
7	12	—	5	4,5	2,9	2,1	16
8	8	—	2,5	2,9	2,4	2,2	14
7	3	43	5	6	3,5	2,3	12
10	13	—	4	4,8	3,1	2,1	15
5	10	40	7,5	9,4	4,1	2,4	10
6	6	95	6	6,3	3,5	2	17
8	12	—	9	9,9	4,4	2,7	18
9	—	14	6,5	7,5	3,5	2,4	24
8	8	32	3,25	3,9	2,9	2,2	19
8	11	—	3	3,3	2,3	2	16
4	3	122	5,5	6,2	4,4	2,2	14
8	15	50	7	7,8	7,7	2,6	18

A

Fig. 1

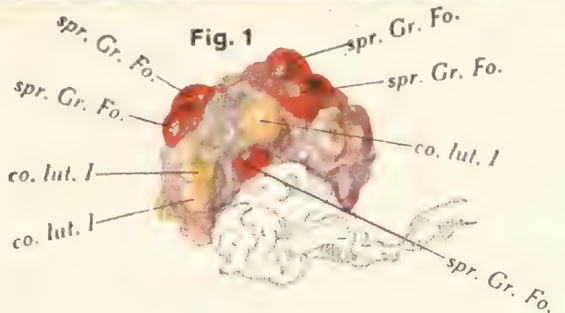


Fig. 2

B

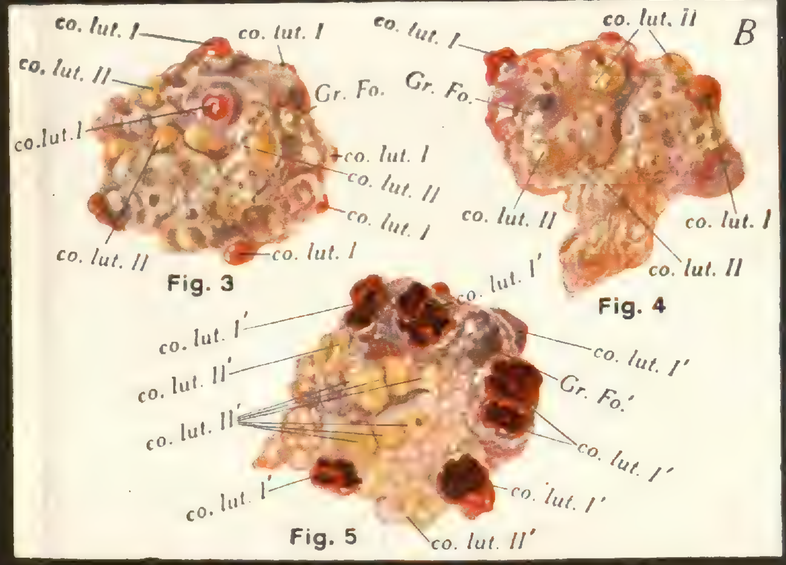


Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

C

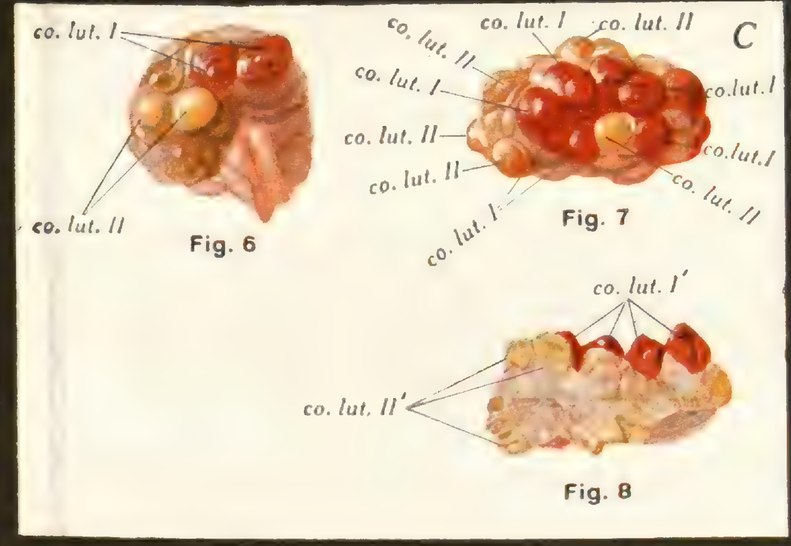


Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8

D

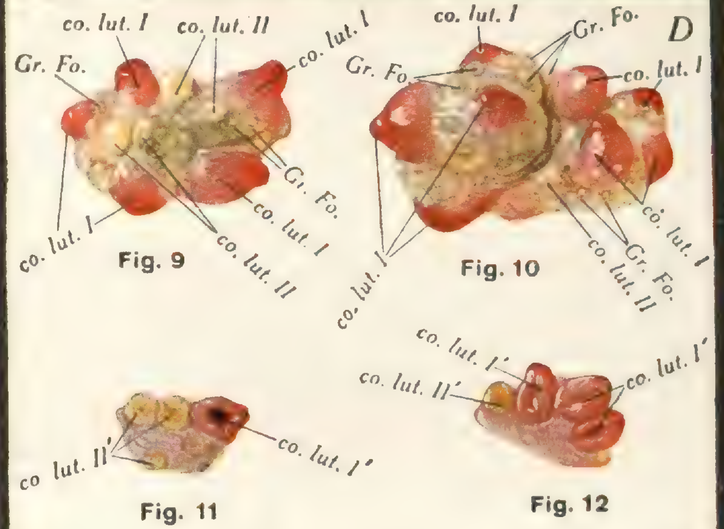


Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

Fig. 12

E

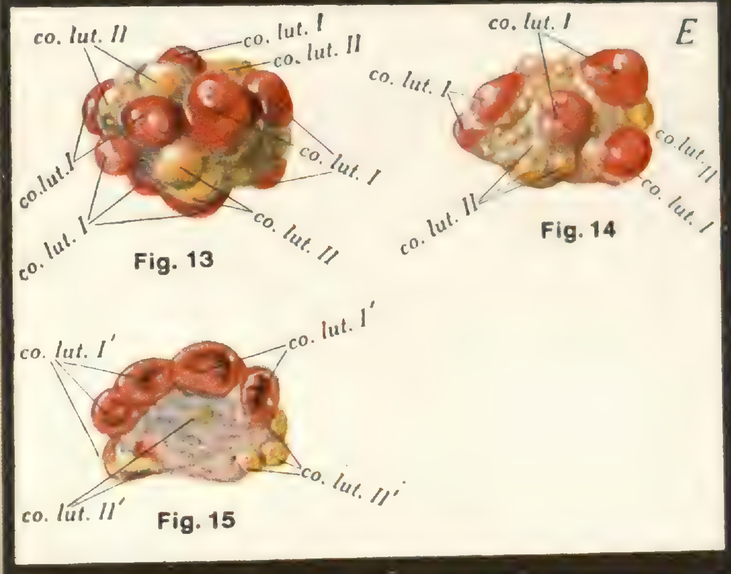


Fig. 13

Fig. 14

Fig. 15

F

Fig. 16

Fig. 17

Fig. 18

G

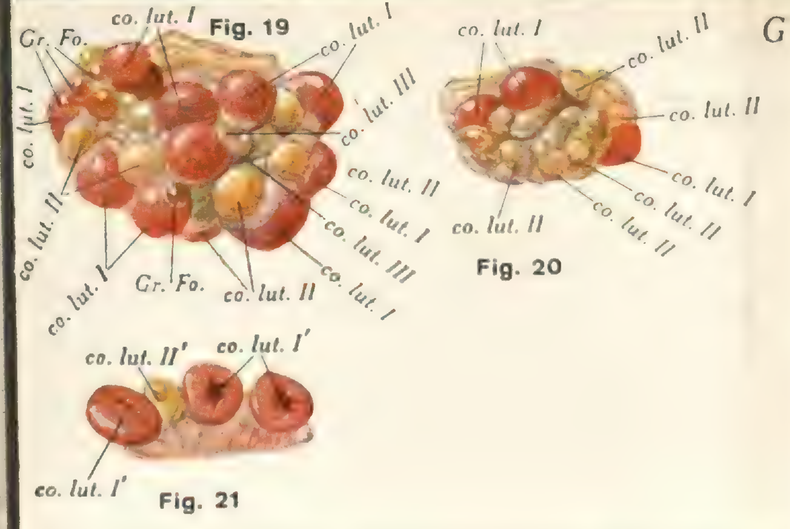


Fig. 19

Fig. 20

Fig. 21

H

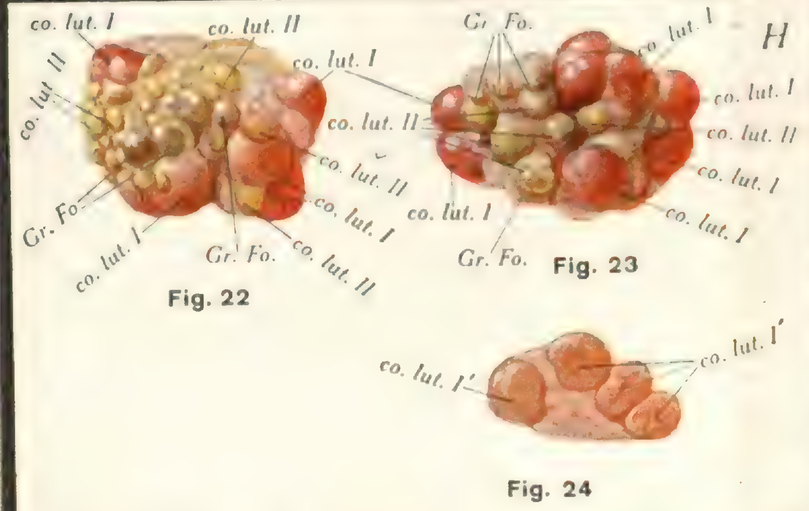


Fig. 22

Fig. 23

Fig. 24

J

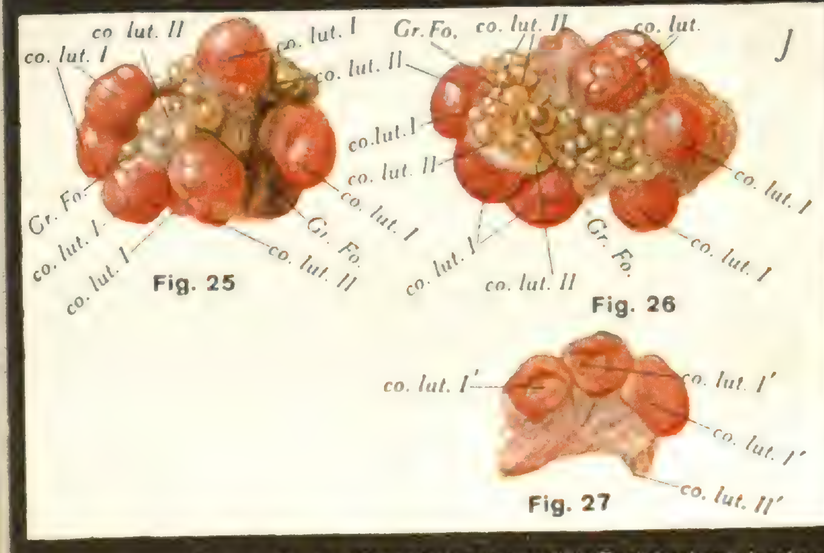


Fig. 25

Fig. 26

Fig. 27

Chem. u. Druck: Wagner'sche Universitäts-Buchdruckerei, Innsbruck.

K

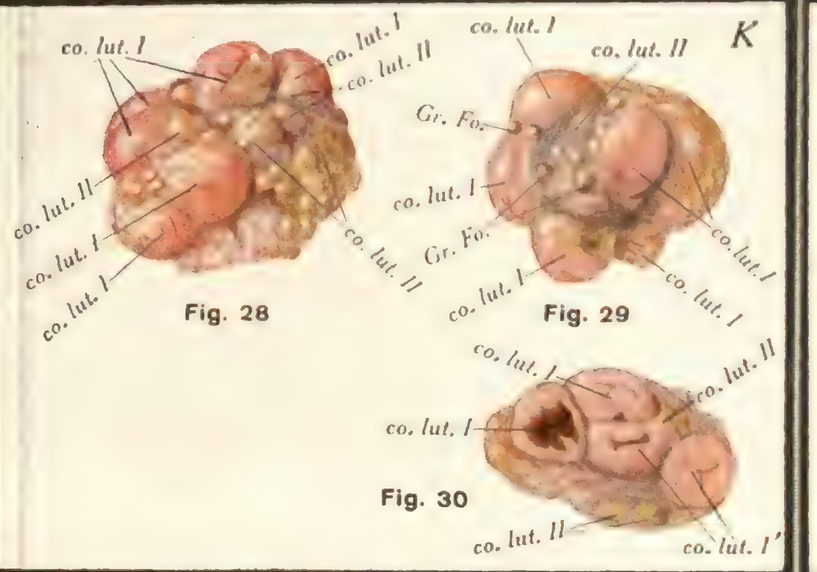


Fig. 28

Fig. 29

Fig. 30

L

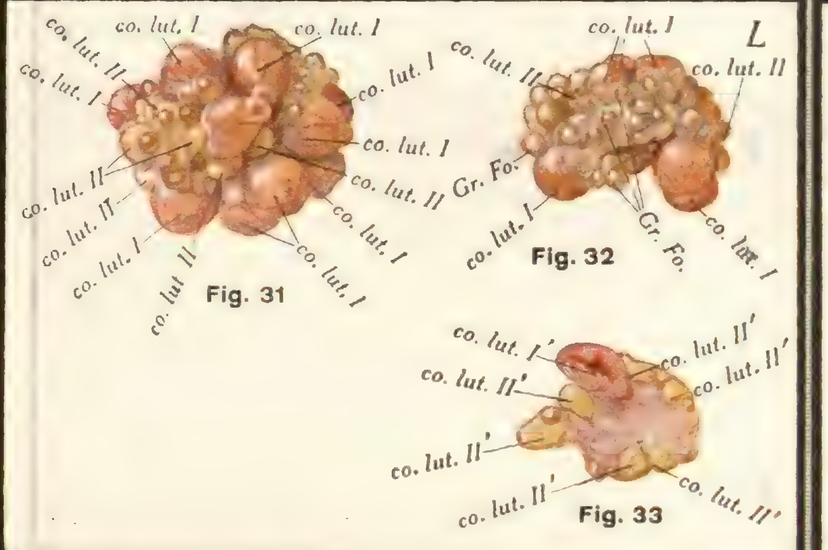


Fig. 31

Fig. 32

Fig. 33

M

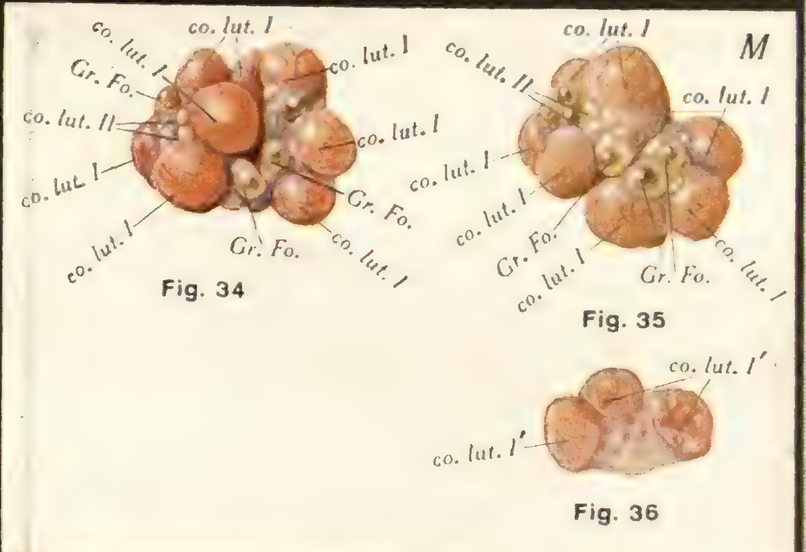


Fig. 34

Fig. 35

Fig. 36

N

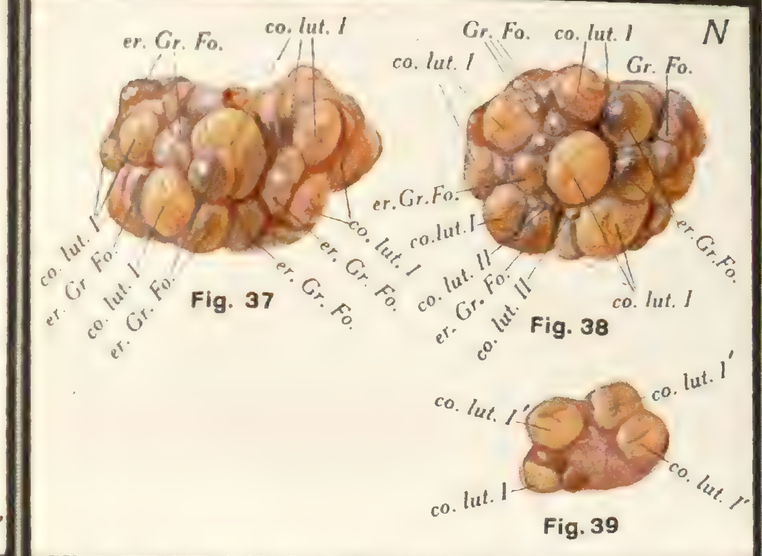


Fig. 37

Fig. 38

Fig. 39

O

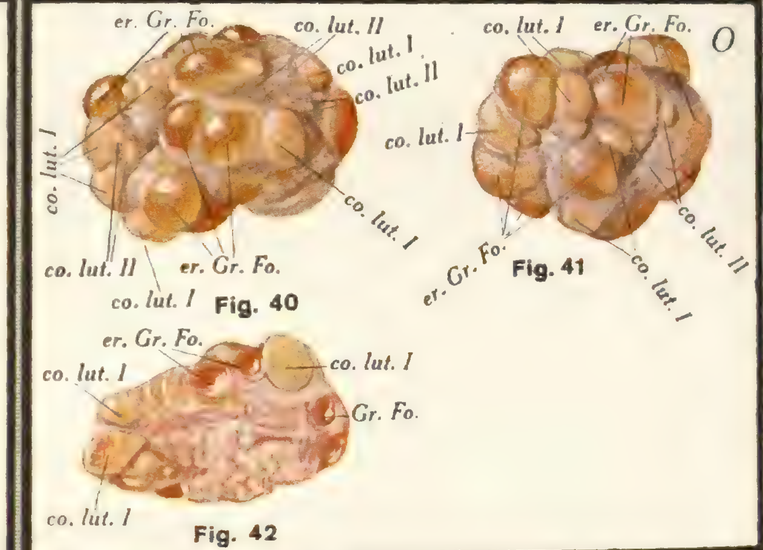


Fig. 40

Fig. 41

Fig. 42

P

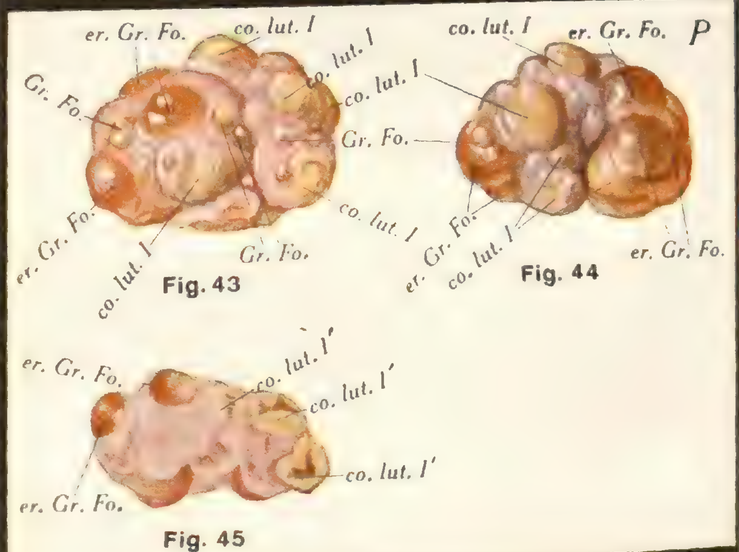


Fig. 43

Fig. 44

Fig. 45

Q

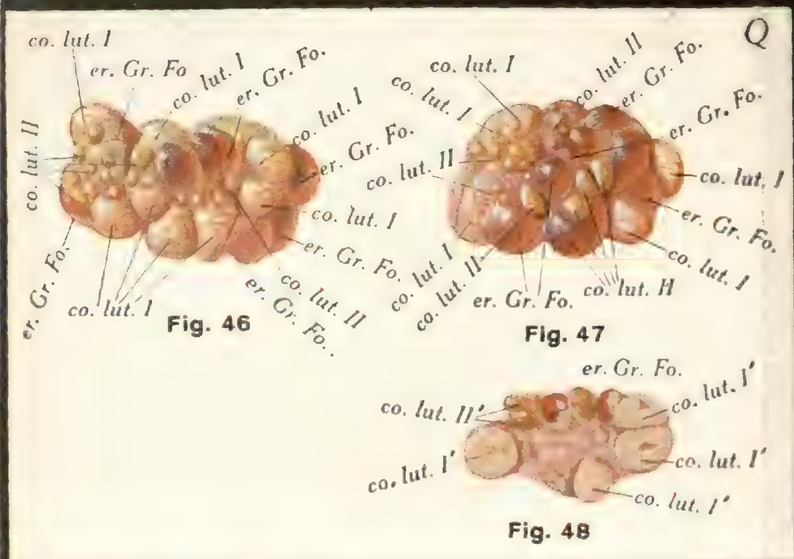


Fig. 46

Fig. 47

Fig. 48

R

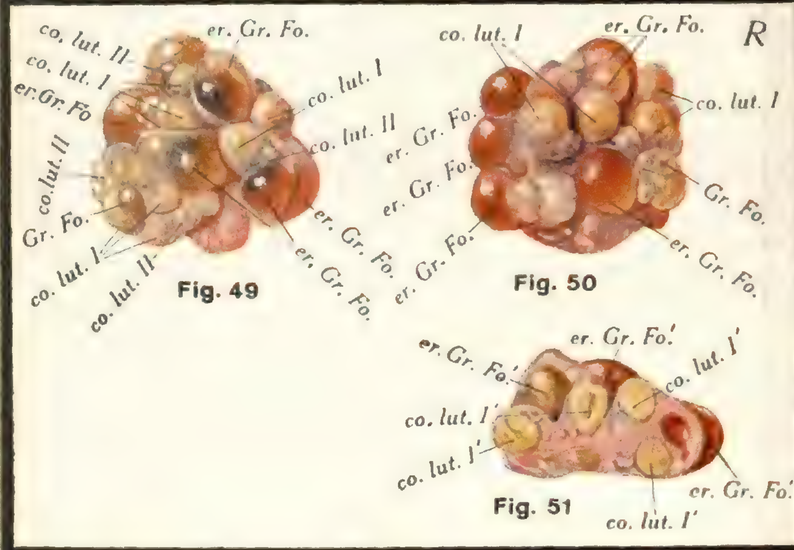


Fig. 49

Fig. 50

Fig. 51

S

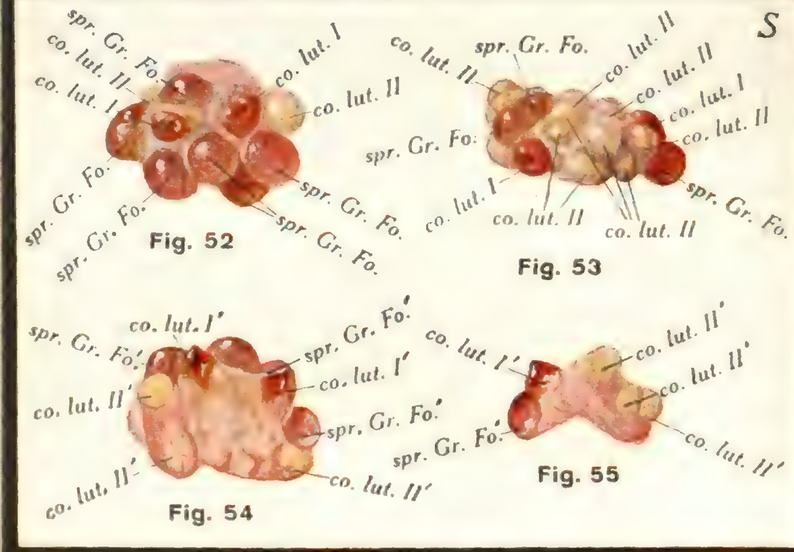


Fig. 52

Fig. 53

Fig. 54

Fig. 55

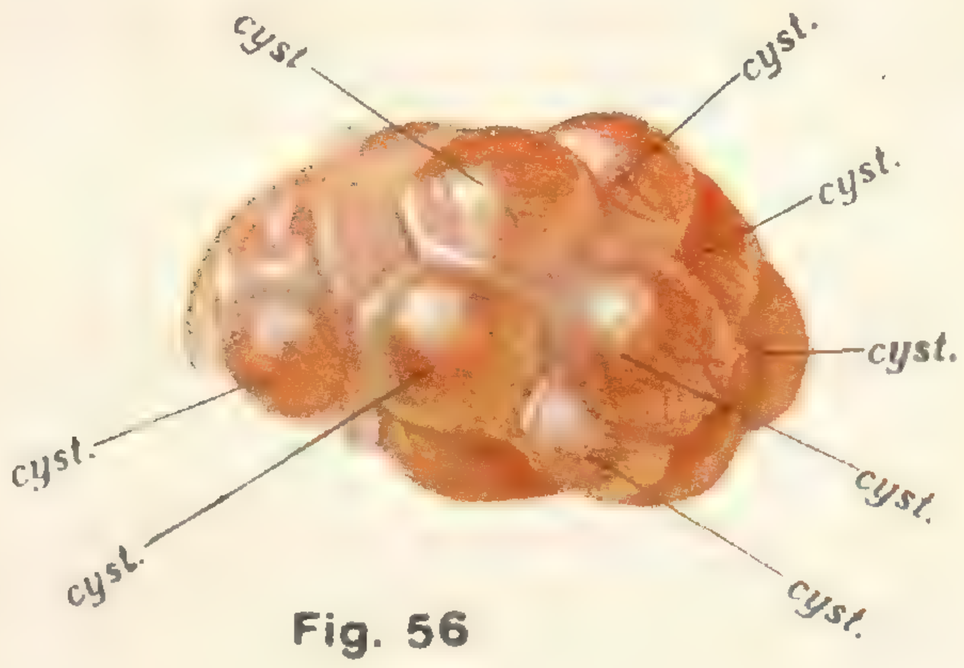


Fig. 56

Z

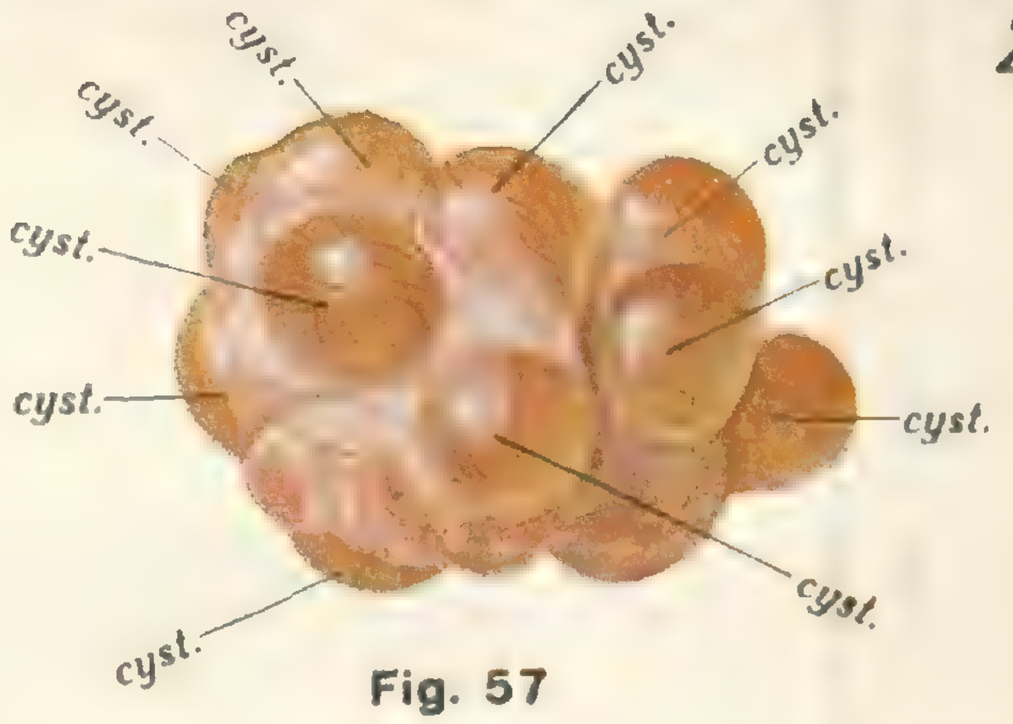


Fig. 57

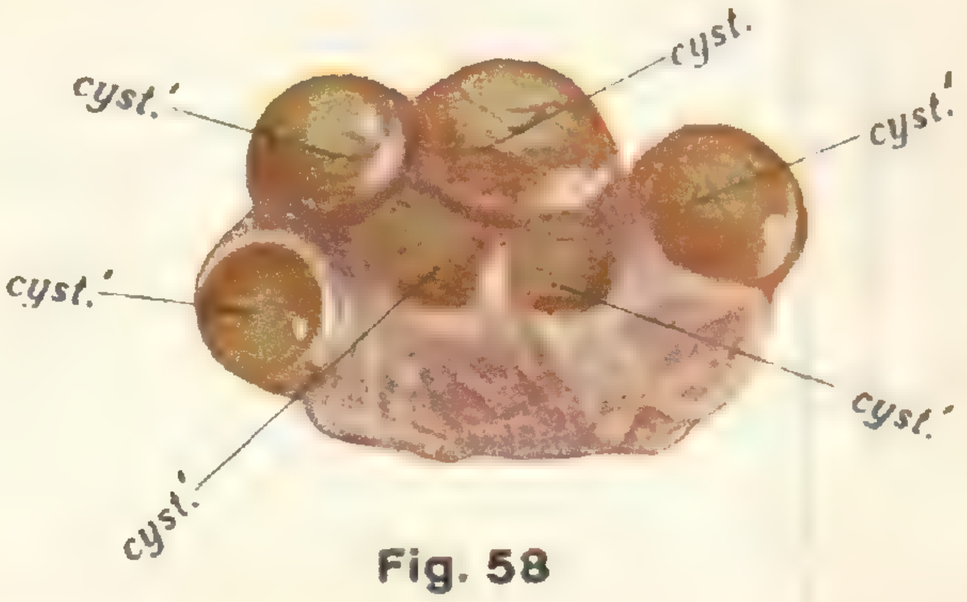


Fig. 58

Z'

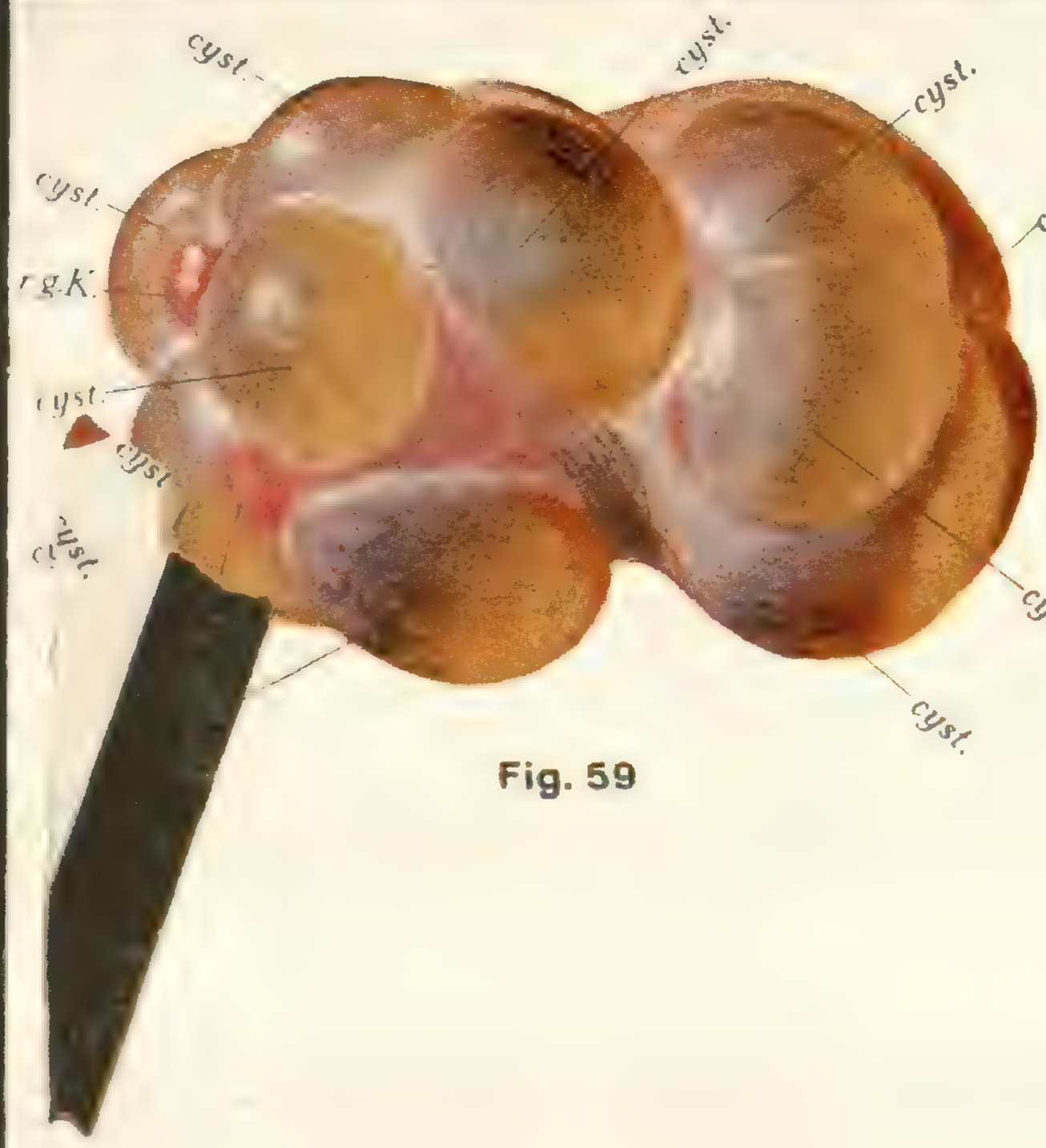


Fig. 59

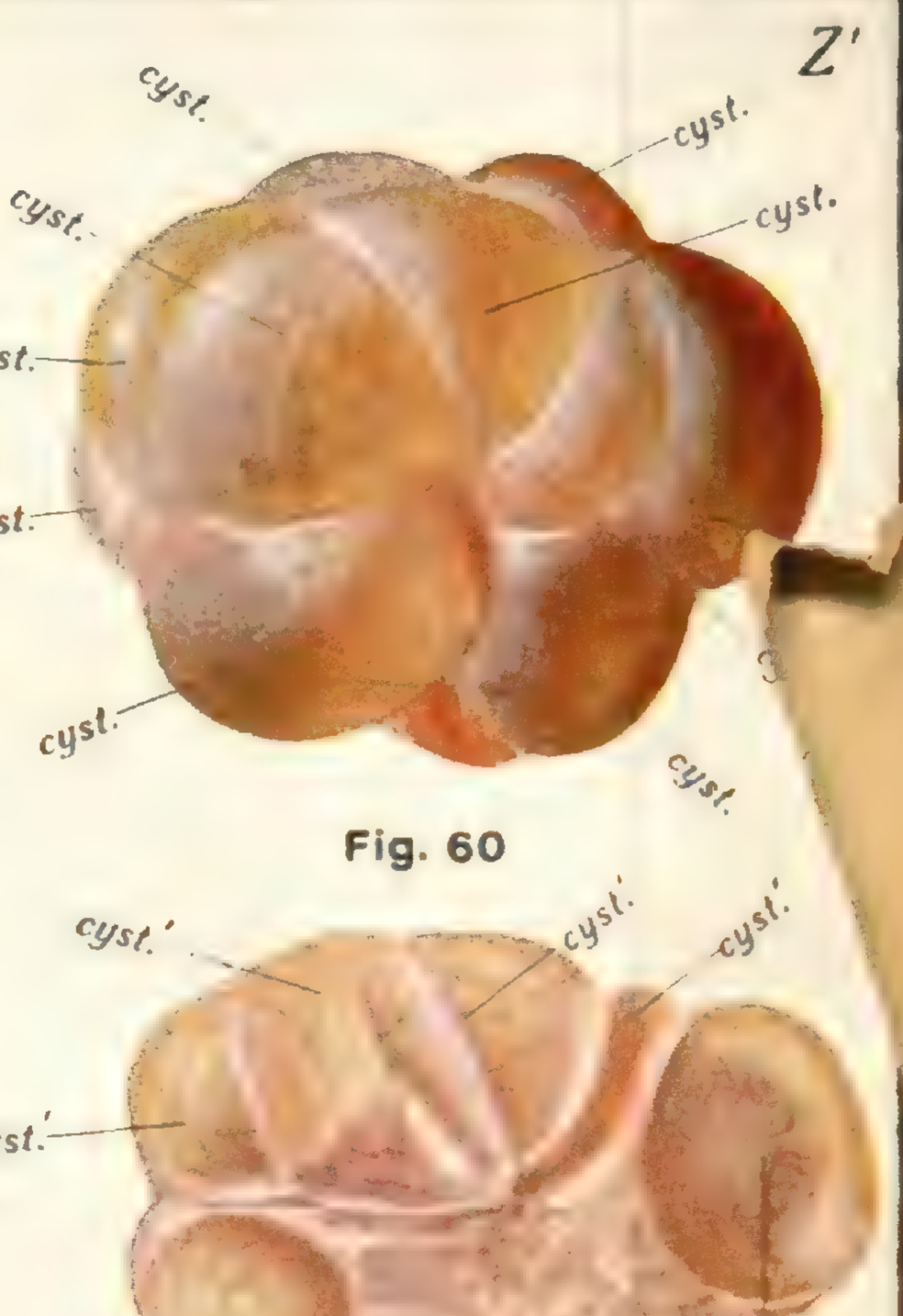


Fig. 60

Fig. 61

Chem. u. Druck: Wagner'sche Universitäts-Buchdruckerei, Innsbruck.

Preise für Separata aus der Vierteljahrsschrift.

Der Autor erhält von der Gesellschaft 50 Freiexemplare ohne Umschlag geheftet, weitere Exemplare ohne Umschlag sind zu nachstehenden Preisen erhältlich:

	25 Exempl.	50 Exempl.	75 Exempl.	100 Exempl.	125 Exempl.	150 Exempl.	175 Exempl.	200 Exempl.	225 Exempl.	250 Exempl.	275 Exempl.	300 Exempl.
	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
1/8 Bogen = 2 Seiten	1.50	3.—	4.50	6.—	7.25	8.70	10.15	11.60	12.60	14.—	15.40	16.80
1/4 „ = 4 „	2.30	4.60	6.90	9.20	11.—	13.20	15.40	17.60	18.90	21.—	23.10	25.20
1/2 „ = 8 „	3.85	7.70	11.55	15.40	18.25	21.90	25.55	29.20	31.95	34.50	37.95	41.40
1/1 „ = 16 „	6.95	13.90	20.85	27.80	32.75	39.30	45.85	52.60	55.35	61.50	67.65	72.70
Umschläge mit dem Titel der Abhandlung	16.—	18.—	20.—	22.—	24.—	26.—	28.—	30.—	32.—	34.—	36.—	38.—

Die Kosten für Heften und Beschneiden sind in diesen Preisen inbegriffen, nicht aber diejenigen für allfällige Tafeln.

Die **„Vierteljahrsschrift“** der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich — in Kommission bei Beer & Co. — kann durch jede Buchhandlung bezogen werden. Bis jetzt sind erschienen Jahrgang 1-64 (1856—1919) als Fortsetzung der in 4 Bänden (1847—1855) veröffentlichten „Mitteilungen“ der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Der Verkaufspreis der Jahrgänge 51—61 beträgt Fr. 12.—, Jahrgang 62 und 63 je Fr. 22. -. Ältere Jahrgänge sind, soweit noch vorhanden, zu reduzierten Preisen erhältlich. Der 41. Jahrgang — Festschrift der Naturforschenden Gesellschaft zur Feier ihres 150jährigen Bestehens — kostet 20 Fr., der 64. Jahrgang (1919) Fr. 40.—.

Die seit **1799** in ununterbrochener Folge von der Gesellschaft herausgegebenen **„Neujahrsblätter“** sind ebenfalls durch die Buchhandlung Beer & Co. zu beziehen.

Seit 1875 sind erschienen:

P. Arbenz: Über Karrenbildungen. 1913. G. Asper: Wenig bekannte Gesellschaften kleiner Tiere. 1881. R. Billwiller: Kepler als Reformator der Astronomie. 1878. Die meteorologische Station auf dem Säntis. 1888. Ernst Blumer: Geschichte des Erdöls. Bilder aus der Vergangenheit unseres Planeten. 1920. K. Bretscher: Zur Geschichte des Wolfes in der Schweiz. 1906. C. Cramers Bau und Wachstum des Getreidehalmes. 1889. M. Düggeli: Die Schwefelbakterien. 1919. A. Forel: Die Nester der Ameisen. 1893. H. Fritz: Aus der kosmischen Physik. 1875. Die Sonne. 1885. U. Grubenmann: Ueber die Rutilnadeln einschliessenden Bergkrystalle vom Piz Aul im Bündneroberland. 1899. Dr. David Friedrich Wiser (1802—1878). Lebensbild eines Zürcher Mineralogen. 1918. C. Hartwich: Das Opium als Genussmittel. 1898. Alb. Heim: Einiges über die Verwitterungsformen der Berge. 1874. Ueber Bergstürze. 1882. Geschichte des Zürichsees. 1891. Die Gletscherlawine an der Altels am 11. September 1895 (unter Mitwirkung von L. Du Pasquier und F. A. Forel). 1896. Neuseeland. 1905. Der Bau der Schweizeralpen. 1908. Arn. Heim: Über Grönlands Eisberge. 1911. Auf dem Vulkan Smeru auf Java. 1916. Th. Herzog: Reisebilder aus Ostbolivia. 1910. K. Hescheler: *Sepia officinalis* L. Der gemeine Tintenfisch. 1902. Der Riesenhirsch. 1909. J. Jäggi: Die Wassernuss und der Tribulus der Alten. 1884. Die Blutbuche zu Buch am Irchel. 1894. C. Keller: Über Farbenschutz in der Tierwelt. 1879. A. Lang: Geschichte der Mammutfunde (mit Bericht über den Fund in Niederweningen). 1892. G. Lunge: Beleuchtung sonst, jetzt und einst. 1900. C. Moesch: Wohin und warum ziehen unsere Vögel. 1877. Der japanische Riesensalamander und der fossile Salamander von Oeningen. 1887. J. Pernet: Hermann v. Helmholtz. 1895. A. de Quervain: Aus der Wolkenwelt. 1912. M. Rikli: Kultur und Naturbilder von der spanischen Riviera. 1907. Eine Frühlingsfahrt nach Kreta 1917. F. Rudio: Zum hundertsten Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft. 1898. E. Schär: Das Zuckerrohr. 1890. H. Schinz: Schweizerische Afrika-Reisende und der Anteil der Schweiz an der Erschliessung und Erforschung Afrikas überhaupt. 1904. Otto. Schlaginhaufen: Die wichtigsten fossilen Reste des Menschengeschlechts. 1914. Die Technik der künstlichen Fischzucht. Tabelle zur leichten Bestimmung der Fische der Schweiz. Fischfauna des Kantons Zürich. 1880. C. Schröter: Die Flora der Eiszeit. 1883. Der Bambus. 1886. Die Schwebeflora unserer Seen (das Phytoplankton). 1897. Die Palmen und ihre Bedeutung für die Tropenbewohner. 1901. Leo Wehrli: Der versteinerte Wald zu Chemnitz. 1915. A. Weilenmann: Über die Luftströmungen, insbesondere die Stürme Europas. 1876. Die elektrischen Wellen und ihre Anwendung zur drahtlosen Strahlentelegraphie nach Marconi. 1903.

Zur Beachtung.

Die Bücherbestände der Naturforschenden Gesellschaft, die mit dem 1. Januar 1916 in den Besitz und damit auch in die Verwaltung der Zentralbibliothek übergegangen sind, stehen den Mitgliedern unserer Gesellschaft nach Massgabe der Benutzungsordnung der Zentralbibliothek zur Verfügung.

Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. **Hans Schinz**

Direktor des Botanischen Gartens und Museums der Universität Zürich.

Fünfundsechzigster Jahrgang. 1920. Drittes und Viertes Heft.

Ausgegeben am 31. Dezember 1920.

Zürich,

in Kommission bei Beer & Co.

1920.

Buchdruckerei Gebr. Fretz A. G., Zürich

MISSOURI BOTANICAL GARDEN
RECEIVED
AUG 23 1921

Inhalt.

Seite

Arnold Heim. Zur Geologie des Mont Bifé am Freiburger Alpenrand . 435
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.

A. Kiefer. Über Kreise und Kegelschnitte 462
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.

Dr. med. J. Rutgers. Ursprung und Wesen des Sexuallebens, namentlich des Generationswechsels 473
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.

E. Farner und **R. Klinger.** Über den endemischen Kropf der Katze . . 497
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.

Yvonne Boveri-Boner. Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Nephridien niederer Oligochaeten 506
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.

Ernst Meissner. Zu Chrystals Theorie der Eigenschwingungen stehender Gewässer (Seiches) 515
Ausgegeben als Separafabdruck am 26. August 1920.)

Hans Schinz. Der Pilzmarkt der Stadt Zürich der Jahre 1918 und 1919 im Lichte der städtischen Kontrolle 530
Ausgegeben als Separatabdruck am 26. August 1920.

Hans Hirschi. Radioaktivität einiger Schweizergesteine. Zweiter Teil . 545
Ausgegeben als Separatabdruck am 20. November 1920.

Ferdinand Rudio und **Carl Schröter.** Notizen zur Schweizerischen Kulturgeschichte.

51. Die Eulerausgabe (Fortsetzung) 605
52. Nekrologe: Gustav Huguenin. Arthur Tröndle. Adolf Steiger. Adolf Hurwitz 606

Ausgegeben als Separatabdruck am 31. Dezember 1920.

Eduard Rübel. Die Entwicklung der Pflanzensoziologie 573
Ausgegeben als Separatabdruck am 25. November 1920.

Prof. Dr. Schlaginhaufen. Sitzungsberichte von 1920 I
Verzeichnis der Mitglieder der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich auf den 31. Dezember 1920 XXXIII

NB. Die Separatabdrücke sind nicht im Buchhandel zu haben.

Zur Geologie des Mont Bifé am Freiburger Alpenrand

mit 12 Textfiguren.

Von

Arnold Heim.

(Als Manuskript eingegangen am 24. November 1919.)

Einleitung und Vorwort.

Nach den klassischen Arbeiten von Schardt und Lugeon bildet die Zone der „Préalpes externes“ oder „Préalpes bordières“ mit ihren Fetzen von Jura und Kreide in mächtiger Flyschhülle die abgerissene und nach NW verschleppte Fortsetzung der „Préalpes internes“ oder „Zone des Cols“, die nach Lugeon im Rhonetal wurzeln und durch eine sichtbare Mulde mit der Wildhorndecke verbunden sind.

Weitaus die grösste zusammenhängende Masse mesozoischer Gesteine der gesamten Externzone ist diejenige des Mont Bifé östlich Bulle. Während sonst deren mesozoische Gesteine als Schuppen am Flyschgehänge zu suchen sind, erheben sie sich am Mont Bifé in einer Schar von Falten zu einer selbständigen Berggruppe von 7 km Länge, 2,5 km Breite und 1561 m Höhe über Meer, an einen Pilatus in sanfteren Formen erinnernd (Fig. 1). Die westliche Fortsetzung hingegen ist zu einem sanfthügeligen Rumpf aus Jura abgetragen (Ebene von Bulle).

Seit der hervorragenden, äusserst gründlichen monographischen Arbeit von V. Gilliéron[1]) von 1873, worin der Bifé als „Massif du Monsalvens“[2]) bezeichnet wird, ist keine neue Spezialuntersuchung mehr über die genannte Gegend veröffentlicht worden. H. Schardt[3]) gibt ein kurzes Referat über die Préalpes fribourgeoises, wobei er

[1]) Alpes de Fribourg en général et Monsalvens en particulier. Mat. carte géol. suisse 1873 (mit geol. Karte Monsalvens 1:50 000).

[2]) Diese Bezeichnung Monsalvens oder Montsalvens für den ganzen Berg nach der wenig bekannten und unscheinbaren Ruine 865 m zwischen Broc und Châtel, war nicht glücklich. Die Bewohner nennen den Berg Bifé, entsprechend der Siegfriedkarte. Um den Gipfel Bifé (1561 m) herum liegen drei Alpen mit gleichem Namen; Bifé dessus, Bifé du Milieu, Bifé dessous.

[3]) Excursion de la Soc. Géol. Suisse, Eclogae 1892.

das Profil von Gilliéron durch den Bifé teils richtig, teils unrichtig ergänzt (Überschiebung Pessot). Neu ist dessen wichtige Erkenntnis, dass der Flysch von Broc unter den Monsalvens, dieser letztere an seinem Ostende unter den Flysch der Berra taucht.[1]) In stratigraphischer Hinsicht blieb Gilliéron allein massgebend. Obwohl im gesamten ultrahelvetischen Gebiet der Alpen der Bifé die weitaus besten und vollständigsten Aufschlüsse über die Stratigraphie der mesozoischen Schichtfolge bietet, ermöglichte die vortreffliche Arbeit von Gilliéron doch nicht ohne weiteres eine Parallelisierung mit den nun genau bekannten Abteilungen in den oberen helvetischen Decken der Ostschweiz. Was die neuen vergleichenden Beobachtungen ergeben haben, sei hier in aller Kürze mitgeteilt.

Meinen Begleitern Herrn cand. geol. Martin Luther (Juni 1919) und besonders meinem Freunde

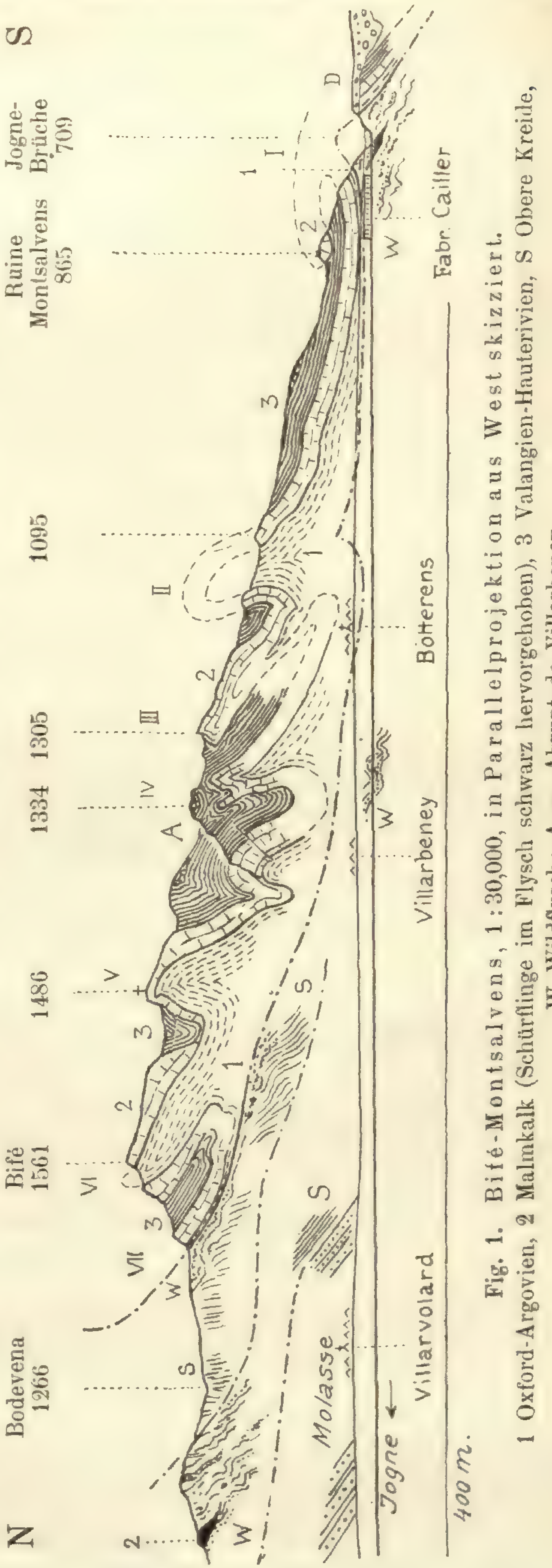


Fig. 1. Bifé-Montsalvens, 1:30,000, in Parallelprojektion aus West skizziert.
1 Oxford-Argovien, 2 Malmkalk (Schürflinge im Flysch schwarz hervorgehoben), 3 Valangien-Hauterivien, S Obere Kreide,
W Wildflysch; A = Abrupt de Villarbeney.

[1]) Die Dissertation von A. F. Engelke: Untersuchungen über die Tektonik der Ebene von Bulle, Fribourg, ist einer Erwähnung kaum wert.

Dr. A. Jeannet (August 1919), der auch die Jura-Valangien- und Urgonfossilien bestimmte, sei hier der wärmste Dank ausgesprochen. Dankbar bin ich ferner Herrn Dr. E. Gagnebin von Lausanne für seine freundliche Führung an der Veveyse im November 1917, und Herrn Prof. W. Kilian in Grenoble für die Bestimmung der Barrême-Ammoniten. Eine Revision der Sammlung Gilliéron in Basel, mit einer zusammenhängenden Neukartierung in 1:25,000 nebst mikroskopischen Studien würde zweifellos noch viele weitere Resultate zeitigen.

Stratigraphie.

Schichtfolge.

Dogger.

Der Dogger ist die älteste Abteilung der Préalpes externes. Infolge des Axensteigens der Falten nach W kommt er westlich der Jogne in der Ebene von Bulle zum Vorschein, und zwar an folgenden Stellen:

1. Trême-Brücke bei Bulle (Punkt 756).

1. Oberhalb westlich der Brücke (Fallen 30° S): ca. 20 m grauer Sandstein und kristalliner Echinodermenkalk in dicken klingendharten Bänken von 1—10 dm. Übergang.

2. Unterhalb der Brücke 25° SSE fallend, ca. 17 m feinkörniger bis dichter Fleckenkalk in Bänken von 5—30 cm in blaugrauem feinsandigem Mergel, in der oberen Hälfte Mergel vorwiegend und Kalkbänke knollig. *Zoophycos*, *Belemnites Gilliéroni* Mayer. Ein im Museum Lausanne vorhandener *Stephanoceras Humphriesianum* stammt vermutlich aus diesem Horizont. Scharfe transgressionsartige Grenze gegen

3. 0,8 m Kalkbank mit Glaukonit, unten oolithisch bis spätig, im Handstück wie Schrattenkalk, oben konglomeratartig, mit Kalkgeröllen und schwarzen Belemniten. Scharfe wellige Oberfläche (Diskontinuität?).

4. Ca. 20 m Mikroflaserschichten. Dünnplattiger bis schieferiger feinsandiger grauer bis grüner glaukonitischer Kalk, in der Mitte 2 m graue Mergelschiefer; häufig Fährten und Algenabdrücke. Bezeichnend sind auf dem Querbruch dicht gedrängte braune rauhwellige Flasern von $^1/_2$—2 mm Länge.

2. Trême-Brücke La Pereyre.

Schichten oberhalb der Brücke 25° SW Fall, unterhalb 30° S bis SSE, bilden daher längs des Flüsschens ein schiefes Gewölbe (Fig. 2).

1. Blaugraue Schiefermergel mit knolligen Kalkbänken, voller Fucoiden und *Zoophycos*, wohl oberes Bajocien. Scharfe Grenze (Diskontinuität?) gegen

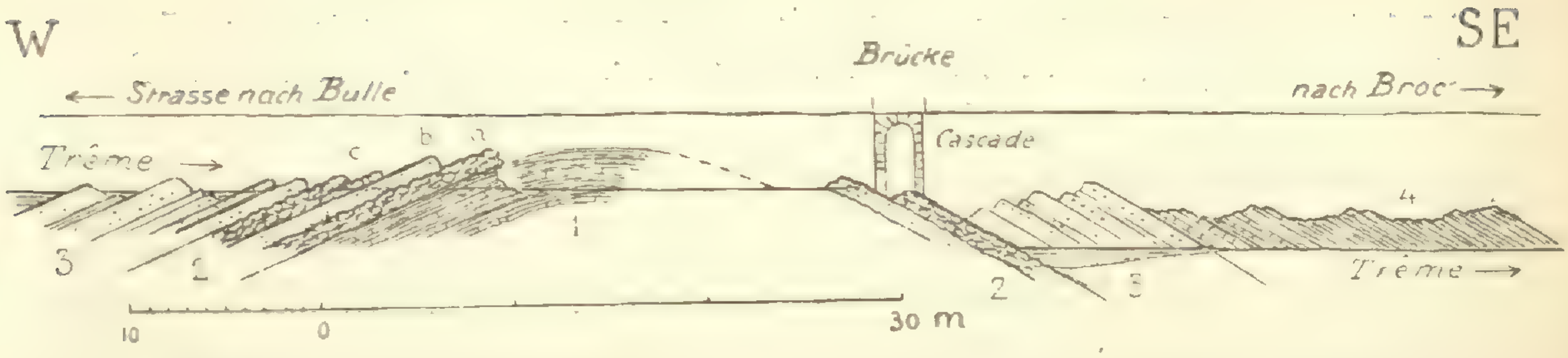


Fig. 2. Der Dogger an der Trême bei La Pereyre, Bulle.
1 Bajocien?, 2—3 Bathonien.

2. 3 m Pereyre-Schichten

a) 1 m Kalkkonglomeratbank aus dichtem bis feinkörnigem grauem Kalkstein mit Glaukonitkörnchen.

b) 1 m Kalksandstein mit groben Quarzsandkörnern und einzelnen Granitgeröllen. ***Belemnites giganteus*** Schloth.

c) 1 m Kalkkonglomeratbänke wie a von 5–30 cm, nud sandiger Echinodermenkalk. Einschlüsse von schwarzem und grünlichem Kalk bis über Faustgrösse. Hauptfossilbank mit mächtigen Ammoniten, nach Bestimmung von A. Jeannet:

Lytoceras Eudesianum d'Orb.	1 Ex. (Bathonien)
Lytoceras tripartitum Rasp.	1 „ (Bathonien)
Phylloceras sp. ind.	3 „
Oppelia sp. ind.	1 „
Morphoceras cf. ***polymorphum*** d'Orb.	1 „ (Bath. inf.)
Hecticoceras cf. ***retrocostatum*** de Gr.	1 „ (Bath. sup.)
Parkinsonia compressa Qu.	2 „ (Bath. sup.)
Parkinsonia cf. ***compressa***	
Perisphinctes cf. ***Moorei*** Opp.	1 Fragment
Perisphinctes gr. des ***P. Orion*** Opp.	1 „
Rhynchonella gr. ***cynocephala*** Richard	3 Ex.
Rhynchonella cf. ***Etalloni*** Opp.	1 „
Rhynchonella tremensis Mayer	3 „
Rhynchonella subtrigona Gilliéron	3 „
Rhynchonella coarctata Opp. var. ***micella*** Opp.	4 „
Terebratula sp. ind.	

Rascher Übergang in

3. 6 m kristallinen Kalkstein in Bänken von 1—3 dm, klingend hart, grau. Scharfe Grenze.

4. 10 + x m Mikroflaserschichten, unten mergelig mit körnigen grauen Kalkbänken, oben typisch, schieferig.

3. Sarine.

Durch Gilliéron beschriebener isolierter Aufschluss bei P. 707 Praz Couquain am rechten Ufer der Sarine N Broc, von feinkörnigem bräunlichem und grauem Fleckenmergel und schwärzlichem Glimmer-

sandmergel mit mehr oder weniger sandigen mergeligen Kalkbänken, deren Oberfläche gänzlich mit prachtvollen Abdrücken von *Zoophycos* von $^1/_2$ m Durchmesser bedeckt sind. *Stephanoceras Humphriesi* in mächtigen Exemplaren, nach Gilliéron auch *Witchellia Romani* u. a., Bajocien.

Die Schichten 1 von Bulle erinnern an 3 von Pereyre. Entsprechen sie einander, so müsste angenommen werden, dass 2—3 von Bulle bei Pereyre fehlen. Dass die Mikroflaserschichten beider Lokalitäten miteinander übereinstimmen, ist kaum zu bezweifeln. Es ist daher am wahrscheinlichsten, dass 1 von Pereyre = 2 von Bulle, 2—3 von Pereyre = Bank 3 von Bulle. Auf alle Fälle stimmen die beiden kaum $^1/_2$ km voneinander entfernten Profile in ihren unteren Teilen nicht überein, was wohl auf die Diskontinuitäten zurückzuführen ist. Die Mikroflaserschichten gehören wohl noch zum Bathonien mit den liegenden Pereyre-Schichten zusammen, die nach A. Jeannet zweifellos dem Bathonien, insbesondere dem oberen Bathonien (Zone der *Oppelia aspidoides*) angehören.

Callovien-Oxford.

Wie Gilliéron dargestellt hat, wird der grösste Teil des Waldes von Bouleyres S Bulle aus Oxfordschiefer (Schistes à nodules) gebildet. Sie sind am besten aufgeschlossen an der Tréme bei Arrêt d'Epagny und am linken Steilufer der Sarine unterhalb Broc, wo man sich von der gewaltigen Mächtigkeit, wohl trotz der Fältelungen über 500 m, überzeugen kann. Es sind braunschwarze, knorrige, feinglimmerige, bröcklige Tonschiefer mit Bänken und Knollen von schwarzem Toneisenstein mit rotbrauner Verwitterung, kaum zu unterscheiden vom Opalinusschiefer aus Erstfeld. Hie und da trifft man auch im unteren wie im oberen Teil dünnere Kalkbänke eingelagert. Gilliéron (l. c. pag. 83) gibt eine längere Fossilliste mit zahlreichen Ammoniten, leider ohne Fundorte, worin neben solchen des oberen Oxfordien (*Cardioceras cordatum, Peltoceras arduennense*) auch solche des obersten Callovien (*Hecticoceras lunula, Hecticoceras punctatum*) erwähnt sind. Ob wirklich das Callovien in den schwarzen Schiefern vertreten ist, bleibt noch zu revidieren. Sicher ist hingegen das Oxfordien, und es ist daher nicht gerechtfertigt, im ultrahelvetischen Deckengebiet (Bonvin—Préalpes internes-externes) schlechtweg von Callovien zu sprechen.

Die Basis ist in der Form eines nach NW überliegenden Spitzbogens mit 40° axialem SW Gefälle aufgeschlossen in einem Stein-

bruch an der Trême bei Crêt Vudy (Fig. 3). Merkwürdigerweise entsprechen sich aber die Schenkel nicht, sodass der Spitzbogen vielleicht nicht den Kern darstellt.

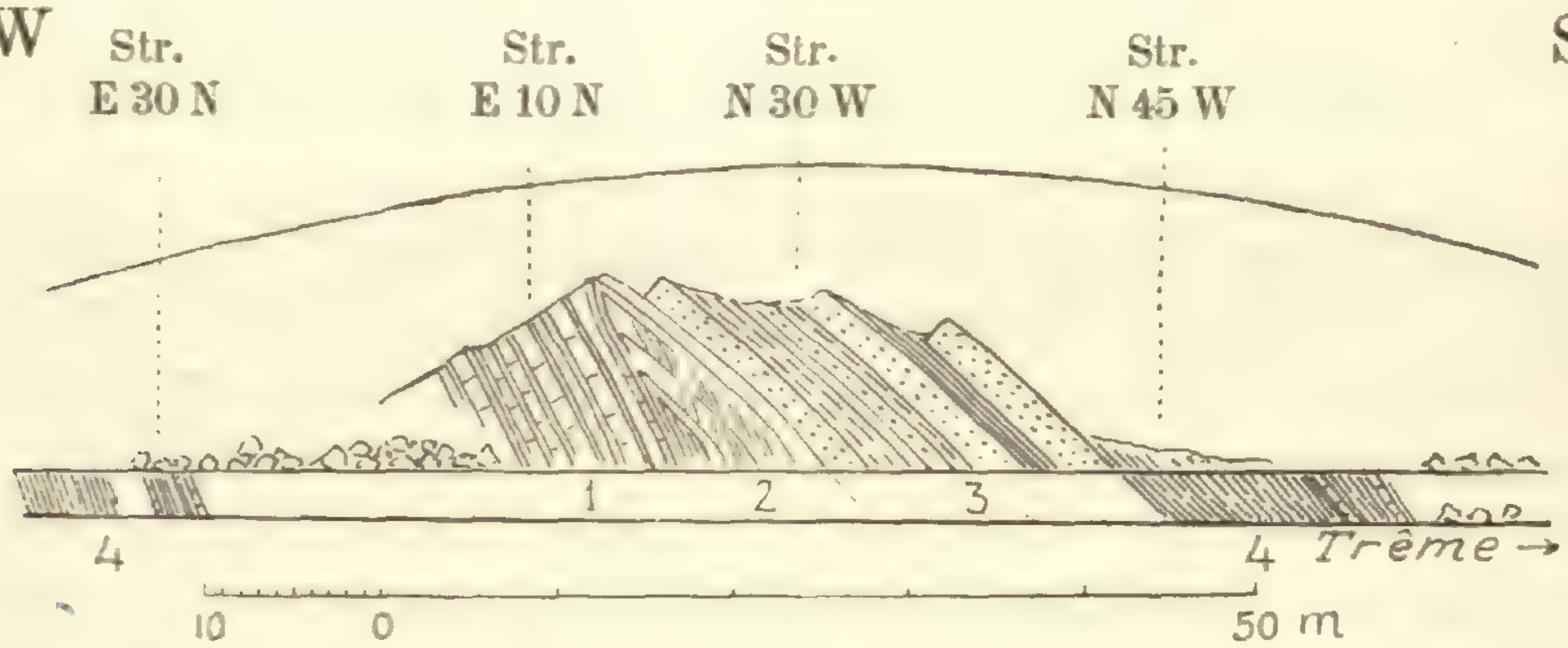


Fig. 3. Doggerkern im Oxfordschiefer an der Trême am Waldhügel 737.

1. 10 m dunkelgraue, braun angewitterte feinsandige Kalkbänke, die Oberfläche bedeckt mit *Zoophycos*, mit blaugrauen Mergelzwischenlagen.

2. 5 m blaugraue mürbe Glimmersandschiefer, glattflächig. Scharfe Grenze ohne Diskontinuität gegen

3. 12,5 m dicke Bänke von grauem kalkigem Glimmersandstein voller Algenflecken, mit schieferigen blaugrauen Lagen. Pyritknollen, *Zoophycos*, Belemniten, fossilarm. Scharfe Grenze (ohne Diskontinuität).

4. 8 m schwarze Glimmersandschiefer, darüber ebensolche mit feinkörnigen Kalkbänken und Fucoiden, als Basis der mächtigen Oxfordschiefer.

Die Doggerschichten 1—3 von unbestimmtem Alter, wohl Callovien, bilden also den Kern der Oxfordschiefermasse.

Argovien.

Dazu rechnet Gilliéron den „Calcaire à ciment“, so genannt nach dem ausgebeuteten Vorkommen bei Châtel St. Denis, mit 40 m Mächtigkeit. Nach unseren Beobachtungen am Westabhang des Mt. Bifé lassen sich folgende Abteilungen unterscheiden. Über den schwach glimmersandigen Oxfordschiefer mit einzelnen dünnen Kalkbänken mit *Phylloceras tortisulcatum* d'Orb. (A. Jeannet) im Gewölbekern von Joux Galez folgen, vermutlich mit Übergang:

1. 50 m? graue Mergelschiefer (ähnlich Schiltschiefer oder Leistmergel). Übergang

2. 40 m „Calcaire à ciment“, bestehend aus gelb angewitterten 1—10 dm dicken Bänken von dichtem Kalk mit grauen bis grünlichen Mergellagen.

a) untere Hälfte ebenflächig, fossilarm,

b) obere Hälfte knollig (Calcaire grumeleux).

Diese oberen Schichten 2b sind am schönsten entblösst am Bergsturzabriss von Pessot (Fig. 8), wo in den Blöcken, nach Bestimmung von A. Jeannet neben zahlreichen Belemniten folgende Fossilien gesammelt wurden:

Trimarginites Eucharis d'Orb. 1 schönes kl. Ex.
Neumayria callicera Opp.
Rhynchonella fastigata Gilliéron 5 Ex.
Rhynchonella Monsalvensis Gill. 2 Ex.

Danach gehört 2b zur Transversariuszone.

Malmkalk (Sequan bis Portland).

Ein vollständiges Malmprofil bietet der schon von Gilliéron beschriebene Felsabsturz ob Villarbeney. In raschem Übergang folgen über den knolligen Argovienbänken (Fig. 4):

1. ca. 40 m Sequan; knolliger, grauer, dichter Kalk (Calcaire concrétionné Gilliéron pro parte).
   a) 20—30 m knollige Kalkbänke von 2—10 dm mit dünneren Mergellagen, darin Belemniten, *Peltoceras bimammatum* Qu. und *Rhynchonella fastigata* Gill.
   b) 10—20 m nach oben grobbankig bis massiv brecciös werdend, mit bis kopfgrossen dichten Kalkeinschlüssen.
2. Kimmeridge. 30—35 m dünnbankiger dichter Kalk, ebenflächig geschichtet („Calcaire schisteux" Gilliéron).
   a) ca. 5 m dünnbankig (Kehle),
   b) ca. 8 m dickbankig,
   c) ca. 20 m auffallend dünnbankig, in regelmässigen Lagen von 1—20 cm. Aptychen.
3. Unteres Portland. 25 m bankig dicht („Tithonique inférieur" Gilliéron)
   a) 20 m grobbankig,
   b) 1,5 m dünnbankig,
   c) 3,5 m grobbankig. Zu oberst mit 3c verwachsen 0,2 m Konglomerat aus verschiedenfarbigen dichten, z.T. polierten Kalkgeröllen bis Eigrösse im dichten Malmkalk. Diskontinuität gegen

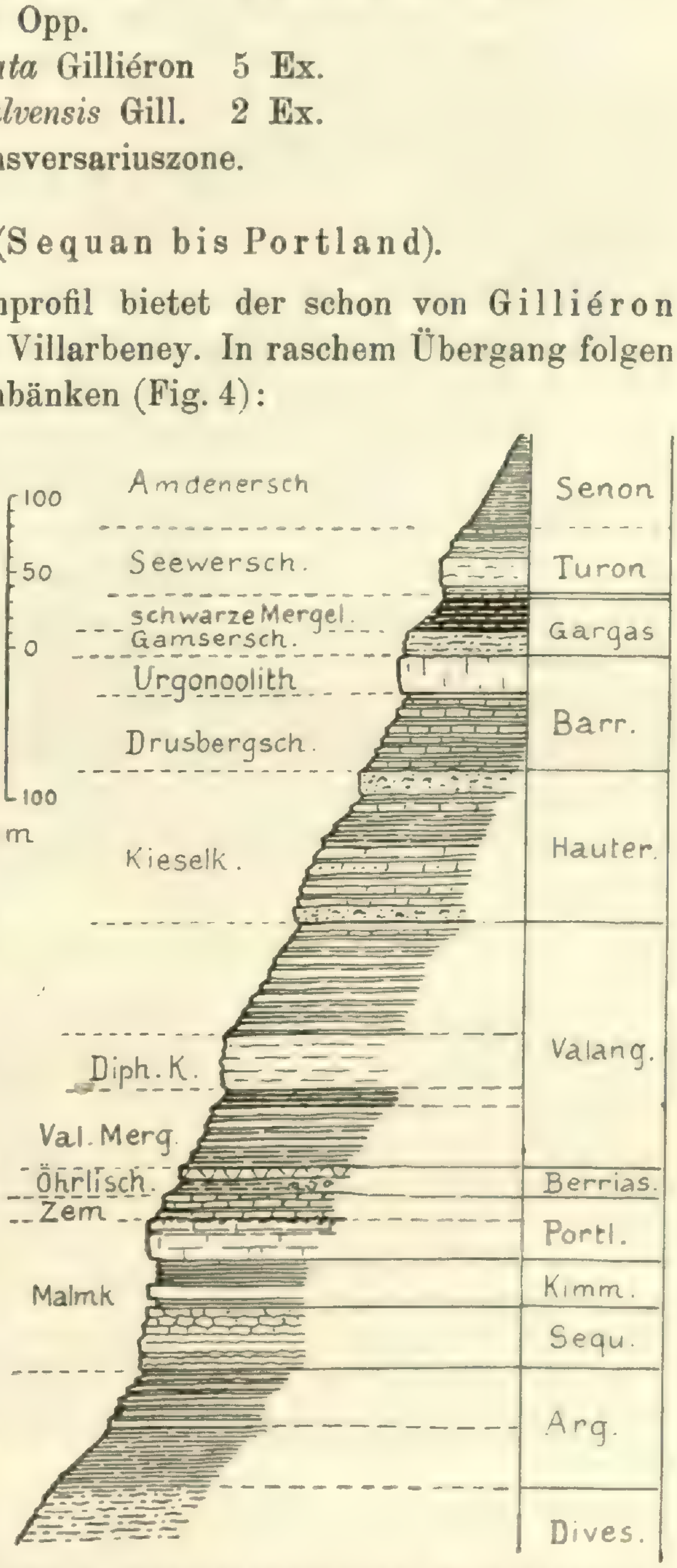


Fig. 4. Stratigraphisches Sammelprofil von Jura und Kreide des Mont Bifé.

4. Oberes Portland (?). 14 m Zementsteinschichten, (unterer Teil der „Couches de Berrias“ von Gilliéron). Dichte bis feinstkörnige Kalkbänke mit dunkeln Mergeln wechselnd:

a) 3,5 m Bänke von 0,5—3 dm, ca. $^3/_5$ Kalk, b) 8 m vorwiegend dichte dunkelgraue Kalkbänke bis 1 m, c) 3 m feinkörnige Bänke, oben knollig werdend und in Öhrlimergel übergehend (Fig. 6).

Ein übereinstimmendes, etwas reduziertes Gesamtprofil lässt sich in der Schlucht der Jogne SE der Ruine Monsalvens notieren, von S

Oxfordschiefer.

Ca. 10 m knolliges Argovien.

Ca. 35 m knolliger dünnbankiger Kalk, unten mit Silex (Arg.-Sequan).

Ca. 25 m Kimmeridge: 4 m dünnbankig, 6 m dickbankig, 12 m dünnbankig, zurückgewittert.

25—30 m dichter, inwendig schwarzer Kalk, dünnbankig.

Die Portland-Zementsteinschichten sind ausser am Abrupt de Villarbeney auch noch aufgeschlossen bei P. 1410 NW der Alphütte Commun derrey, ferner sind sie im Wasserstollen W Monsalvens in Form schwarzer Mergel durchstossen worden (Fig. 9).

Der Malmkalk ist das resistenteste Gestein des Mont Bifé, und das einzige, das grössere Felswände bildet. Die normale Gesamtmächtigkeit beträgt im Mittel 100 m (vergl. Fig. 4).

Ausser am Mt. Bifé tritt der Malmkalk bekanntlich auch im Städtchen Tour de Trême auf, zwei isolierte „Klippen“ mit vertikaler Schichtlage in der Ebene bildend: diejenige der Tour bei der Kirche mit ENE-Streichen, und diejenige beim Bahnhof mit N-Streichen. Die letztere ist als Steinbruch vollkommen aufgeschlossen und bietet durch ihre schon von Gilliéron beschriebene „formation sidérolithique“ besonderes Interesse. Man findet von E folgendes Profil (Fig. 5):

1. Graue Kalkbreccie aus dichten, groben Fragmenten,

2. 1,8 m dünnschichtig, dicht, grau,

3. 0,5 m dichte, helle Knollen und Flasern, umgeben von körnigem Kalk,

4. 1,5 m dicht, bankig,

5. 5 m hell- bis dunkelgraue, massige, grobe Breccie aus dichtem Kalk mit dichtem Bindemittel,

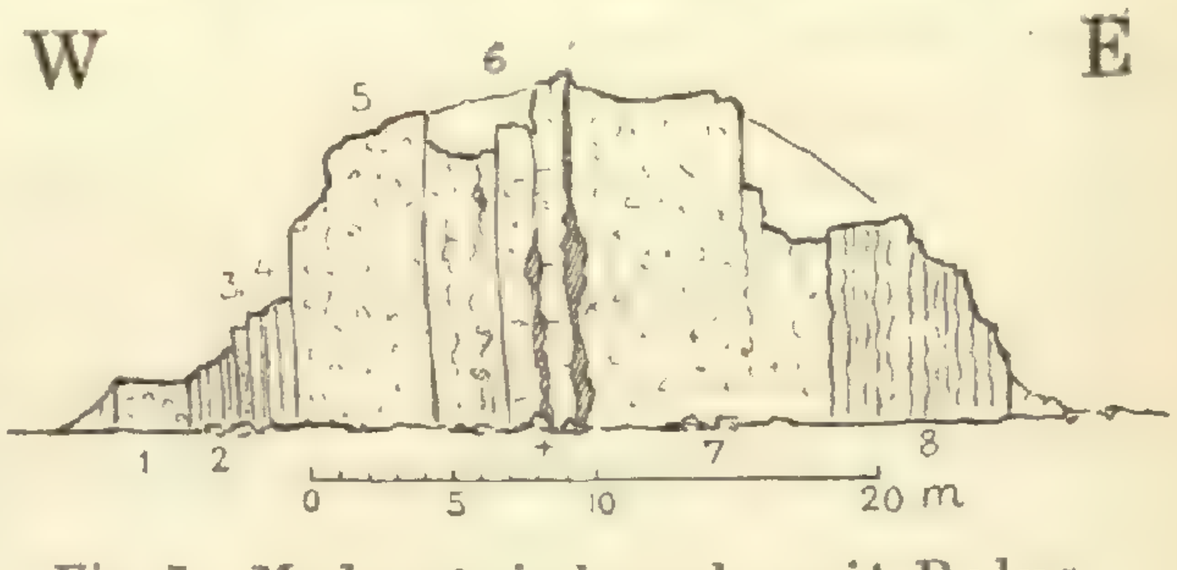


Fig. 5. Malmsteinbruch mit Bolustaschen beim Bahnhof Tour de Trême.

6. 5 m Infiltrationszone wie 5, mit roten Adern und Nestern; bei + Tasche von 10 cm mit grünschwarzer Erde (Mangan?), bei × Krusten von Ockererde bis zu 1 m Dicke,

7. 9 m dichte Breccie, kompakt,

8. 6 m wellig-knollig, dünnbankig, dicht, mit grünlichen Häuten.

Die gleiche Abteilung 8, etwa 10 m mächtig, begrenzt auch den Kalk der „Tour“ auf der N-Seite, grenzt aber gegen S direkt an die

Infiltrationszone. Aus Analogie mit dem Bifé möchte man schliessen, dass 8 zum Sequan, 2—4 zum Klimeridge gehören.

Berriasien

(„Couches de Berrias", oberer Teil + „Calcaire à Ostrea" Gilliéron).

Weitaus der beste Aufschluss bietet wieder der Abrupt de Villarbeney (Fig. 6). Als Fortsetzung des Malmprofiles von p. 441—442 folgen:

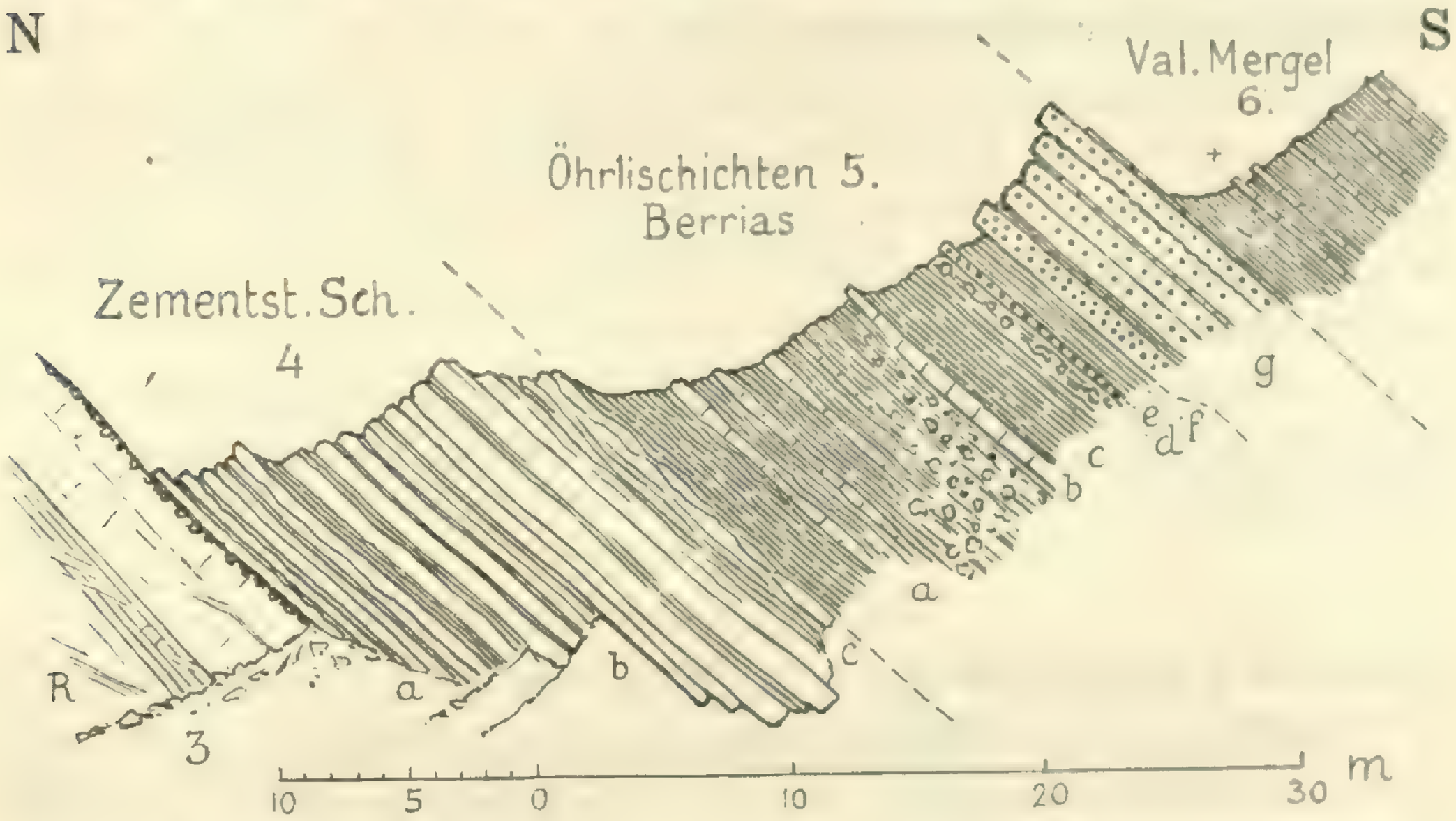


Fig. 6. Die Öhrlischichten am Abrupt de Villarbeney
+ Lytoceras Tuilleti d'Orb.; R = Rutschstreifen auf Calcitbelag.

5. Öhrlischichten.

a) 9 m Öhrlimergel: bräunliche, weiche Mergel mit mergeligen feinkörnigen Kalkbänken von 1—2 dm in Abständen von ½ m. In den Mergeln häufig schwarze Körnchen (entsprechend den „Couches à Ptéropodes Oosters von Châtel St. Denis). Im oberen Teil der Mergel stellen sich gegen S massenhaft Kalkgerölle bis zu Faustgrösse ein. (Öhrlikonglomerat),
b) 0,8 m Bank von feinkörnigem, zähem Kalk, nach N auskeilend, darunter 10 cm oolithische Lage,
c) 2,7 m bräunliche Öhrlimergel mit feinkörnigen Kalklagen, zu oberst dichte, hellgraue Kalkbank vom Valangientypus 6,
d) 0,9 m Konglomeratmergel. Scharfe Grenze,
e) 0,3 m Bank von grob oolithischem Echinodermenkalk, Öhrlikalk,
f) 1,3 m Öhrlimergel,
g) 6 m Öhrlikalk in meterdicken rauhen Bänken mit einer Mergellage, jeweilen scharf getrennt durch dezimeterdicke, helle, völlig dichte Fleckenkalkbänke vom Typus 6.

Der Öhrlikalk, von Gilliéron „Calcaire à Ostrea" genannt, ist das merkwürdigste Gestein der Schichtserie. Es tritt durch seine

rauhen, rotbraun angewitterten Bänke scharf aus der Mergelserie hervor. Die stark zurücktretende Grundmasse besteht aus filzigem Calcit; die Körner sind Ooide oder gerollte Schalentrümmer, besonders von Echinodermen, bis zu 1 cm Grösse (Pentacrinus, Echiniden, Muschelfragmente etc.). In scharfem Gegensatz und mit messerscharfen Grenzen sind mehrfach wiederholt vollkommen dichte Fleckenkalke von bathyalem Habitus eingelagert. Auch als Dach folgt eine solche dichte Bank, die mit scharfer Grenze auf der rauhen Oberfläche des Öhrlikalkes voller Fährten liegt.

Dass die genannten Mergel und Oolithe den Öhrlischichten entsprechen, steht ausser Zweifel. Aus den Mergeln erwähnt Gilliéron u.a. *Hoplites occitanicus*. Wie im Säntis gehen die Kalke durch Wechsellagerung aus den Mergeln hervor und sind nach oben vom Valangienmergel scharf begrenzt.

Die mergelige Gruppe Zementstein-Öhrlischichten scheint am Bifé nach NE primär stark reduziert zu sein, und die Öhrlikalkfazies zurückzutreten.

Valangien s. str.

(„Couches à Belemnites latus“ + „Néocomien bleu“ pars Gilliéron).

Am Abrupt de Villarbeney folgen über dem Öhrlikalk:

6. ca. 40 m Valangienmergel: bläuliche Schiefermergel (ca. $^2/_3$), mit regelmässig wiederkehrenden, gelblichweiss hervortretenden Bänken von dichtem Fleckenkalk von meist 1—3 dm Dicke (ca. $^1/_3$), darin Aptychen, *Hoplites, Crioceras* cf. *Munieri* Sar. et Schöndelm., *Lytoceras Juilleti* d'Orb. etc. Übergang in:

7. ca. 12 m Valangienmergel: braun angewittert, von Bulle aus sich als dunkles Band scharf abhebend; Kalkbänke noch mehr zurücktretend, teils dicht, teils feinkörnig. Übergang ganz allmählich in:

8. ca. 30 m gelblich-bräunliche Felswand aus schieferigem, feinkörnigem Kalk (ohne weiche Mergellagen), stellenweise ähnlich Kieselkalk, an der Basis aber auch mit dichtem Fleckenkalk. Übergang in:

9. ca. 75 m bläuliche Schiefermergel mit gelblichweiss angewitterten dichten Fleckenkalkbänken, zurückwitternd, von 6 kaum unterscheidbar.

Ob die bräunliche Felswand der Synklinalkappe Gros-Mont 1334 m (Fig. 1) schon dem Hauterivien angehört, bleibt vorderhand unbestimmt. Wenn ja, so scheint dort ein Übergang vorhanden zu sein. An der Strasse SW und E des Kirchleins Crésuz hingegen grenzen hellgelbliche Kalkbänke mit dünneren Mergellagen des Valangien messerscharf und eben gegen den hangenden, grobbankigen, dunkeln Kieselkalk des Hauterivien. Im Bach W Cerniat liegen Mergel mit dünnen Kalkplatten an der Grenze.

Die Schichten 6, 7 und 8 sind bei normalem SSE Fallen auch

aufgeschlossen am Abriss NE der Alphütte le Cours 1372, die braunen Mergel 7 auch am Sattel 1431 ob Bifé dessous als Synklinalkern.

In grosser Mächtigkeit von wohl über 200 m sind die blauen Mergel mit den so charakteristischen hellgelben Kalkbänken des Valangien auch am N-Abhang der Alpettes W Bulle vorhanden (Fig. 11).

Von den „Couches à Belemnites latus", die unseren Abteilungen 6 und 7 entsprechen, gibt Gilliéron eine ganze Liste von Cephalopoden, worunter *Belemnites latus*. Es besteht kein Zweifel, dass sie der „Latuszone", dem untern Valangien s. str. (Zone des Hoplites pexiptychus) entspricht. Das Valangien s. str. ist mit rund 200 m bei weitem die mächtigste Kreidestufe.

Hauterivien.

Das Neocom hat Gilliéron am wenigsten verstanden. Es fehlte eben damals noch die Kenntnis der Gliederung im normalen helvetischen Gebiet, wo die Stufen klar getrennt sind. Was er als „Néocomien bleu" von ca. 100 m Mächtigkeit beschreibt, ist in Wirklichkeit wenigstens 300 m mächtig und besteht aus Valangien, Hauterivien und unterem Barrémien. Diese Stufen liegen bei Streichen E 10—20 N und 70° S-Fallen in normaler Folge übereinander im R. des Pelleys W Cerniat, zwischen Malm-Berrias und Urgon. Das Hauterivien hat eine Mächtigkeit von 100 m und ist im genannten Bach wie folgt gegliedert, von unten:

a) ca. 10 m Kieselkalk in Bänken von 2—4 dm, mit Silex in Knollen und zusammenhängenden Lagen.
b) 50—60 m Bänke von feinkörnigem Kalk von meist 10—50 cm mit nach oben zunehmenden Mergellagen.
c) ca. 25 m vorwiegend blauer feinkörniger Mergelschiefer, oben mit dicken, welligen Kalklagen.
d) ca. 15 m Kieselkalk, flaserig-bankig, oben mit Silex.

Mit einger Mühe und Übung lässt sich wohl das Hauterivien vermöge seiner typischen Kieselkalkbänke an Basis und Dach fast durchgehend kartographisch ausscheiden. Die Mergel c für sich sind hingegen von Valangien oder Barrémien kaum zu unterscheiden. Weitere Aufschlüsse bringen die Strasse bei Crésuz und E. Cerniat, ferner der R. du Javrex.

Unteres Barrémien.

Am genannten R. des Pelleys folgen über dem Kieselkalk:

1. 0,2 m grünlich-schwarzer Schiefer, darüber 1 m dichte graue Kalkbank mit grünlichen Kalkbrocken bis Faustgrösse, entsprechend den Altmannschichten der Ostschweiz.

2. Drusbergschichten, ca. 50 m dichte bis feinstkörnige graue Kalkbänke von meist 1—5 dm. in blaugrauem Schiefermergel, letzterer vorwiegend. Pyritknollen häufig. Die oberste sichtbare Kalklage ca. 3 m unter dem Urgon enthält im dichten Kalk unregelmässig verteilte grosse und kleine schwarzgrüne Glaukonitkörnchen.

Die Grenze gegen den Urgonoolith ist zwar nicht ganz aufgeschlossen, scheint aber nach den Terrainformen scharf zu sein.

In den obersten 10 m, in denen die grauen Mergel vorherrschen, fanden sich in den Kalklagen folgende, von Herrn Prof. W. Kilian bestimmte Ammoniten:

Lytoceras densifimbriatum Uhlig, 7 m unter dem Urgonkalk.

Phylloceras infundibulum d'Orb. sp. übergehend in *Ph. ladinum* Uhl., 5 m unter Urgon.

Desmoceras cassidoides Uhl., „variété existent dans le Barr. inf. des Basses-Alpes", 5 m unter Urgon.

Desmoceras difficile d'Orb. sp. „variété passant à *D. subdifficile* Karakasch", 3 m unter Urgon.

Es ist damit festgestellt, dass die Drusbergmergel des R. des Pelleys, wie die Altmannschichten, noch dem Unteren Barrémien angehören.

Im R. du Javrex bei Scierie fallen meterdicke blaugraue Kalkbänke auf, die der Bach in Stufen überspringt, die wohl den Drusbergschichten angehören und hier über 150 m mächtig zu sein scheinen. Zwar liess sich die Grenze gegen das Hauterivien nicht genau bestimmen.

Urgonoolith.
(Calcaire oolithique Gilliéron).

Kreidig weisser bis hell braungrauer Kalk in Bänken ohne Mergellagen, voller konzentrischer kreidigweisser Ooide nebst Trümmern von Muscheln, Brachyopoden, Bryozöen, Echinodermen etc., im mittleren Teil Lagen förmlicher Lumachelle. Meist sind nur kleine oder junge Fossilien ganz erhalten.

A. Jeannet sammelte und bestimmte folgende Arten:

Exogyra Boussingaulti d'Orb. (Les Urzets, Cerniat).

Janira Morrisi Pict. et Ren. (Urzets).

Limatula Tombeckiana d'Orb. (Javrex).

Terebrirostra cf. *neocomiensis* d'Orb. (Urzets).

Terebratula sella Sow. (Urzets).

Terebratula tamarindus d'Orb. (Javrex).

Orbitolina conulus Douvillé (Cerniat und Javrex), zahlreiche kleine hochkonische Exemplare von 1—2 mm Durchmesser, worunter mikro- und megasphärische Formen, wie in den „marnes urgoniennes" (Barrémien) von Voreppe (vergl. H. Douvillé, Les Orbitolines et leurs enchaîne-

ments, C. R. Ac. d. Sc., Paris 23. Sept. 1912). Zum erstenmal in den Schweizeralpen durch A. Jeannet nachgewiesen (Fig. 7).

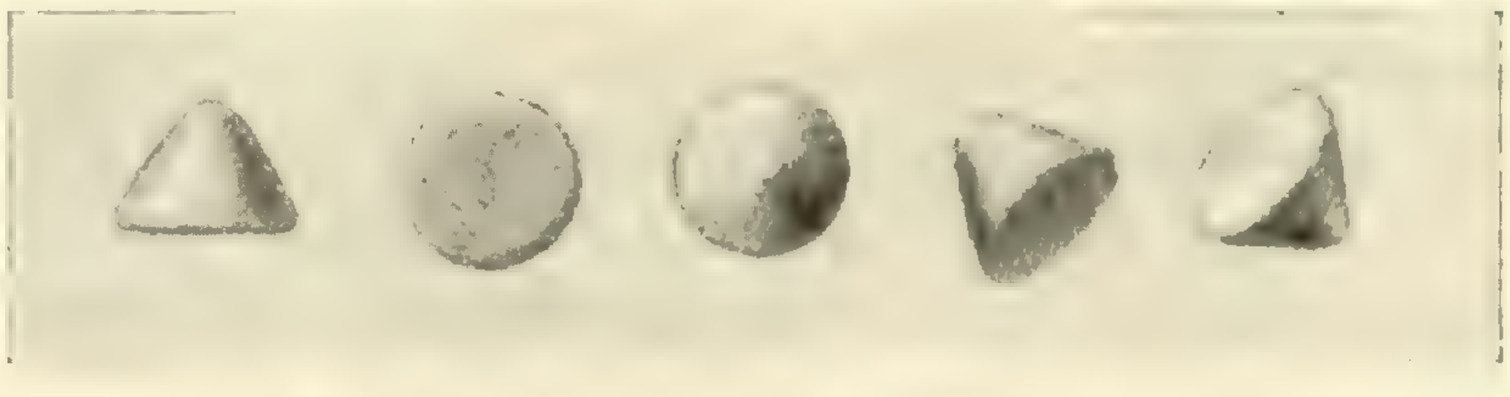


Fig. 7. Orbitolina conulus Douv..
aus dem Urgon-Oolith von Cerniat, 5 mal vergrössert.

Der Faziestypus erinnert an das Juragebirge. Nur in einzelnen Lagen (obere Grenze) besteht Ähnlichkeit mit Schrattenkalk. Näheres in der ausgezeichneten Beschreibung von Gilliéron. Mächtigkeit W Cerniat am R. des Pelleys 15 m, NW davon am R. du Javrex gegen 30 m.

Nach den oben genannten Fossilfunden in den Drusbergschichten, den Orbitolinen, und dem Nachweis von Gamserschichten als Hangendes besteht kaum mehr ein Zweifel, dass der „Calcaire oolithique" dem Urgon entspricht, und dem oberen Barrémien angehört.

Gamserschichten.
(Calcaire noir Gilliéron).

Mit messerscharfer Grenze ohne Fossilschicht folgt über dem Urgonkalk ein kalkiger, rauh-flaseriger, gebankter, feinkörniger Grünsand, der von den typischen Gamserschichten (oberes Gargasien) der östlichen Churfirsten nicht zu unterscheiden ist. Einen vollkommenen Aufschluss bietet der R. du Javrex bei der Säge P. 931 von Blatt 361:

a) 2 m grünschwarzer mergelig-flaseriger Kalkgrünsand mit Algen. Übergang
b) 2 m stärker mergelig-sandig, zurückgewittert,
c) 10 m kalkiger Grünsandstein in Bänken von 3—5 dm mit knorrig-flaserigen Lagen.
d) 1 m Übergangschichten zum Mergel, die Sandsteinbänke nach oben dünner, die sich einschaltenden schwarzen Mergellagen entsprechend dicker werdend. Grünsand voller z. T. verzweigter Wülste. Fährten und Algen: im Mergel Belemniten quer zur Schichtlage. Zu oberst ½ cm grobkörniges Grünsandschichtchen.

Am R. des Pelleys liegt auf dem Urgon messerscharf begrenzt zunächst eine 0,4 m dicke, massige Grünsandbank vom Typus Brisisandstein, darüber 2,4 m dünnflaserige Gamserschichten, dann 1 + x m dunkelgrauer Schiefer.

Gesamtmächtigkeit am Javrex gemessen 15 m.

Dunkle Mergel, Gault s. l.

Aus den Gamserschichten entwickelt sich eine 20—30 m mächtige Abteilung von dunkel blaugrauen. in den unteren 3 m schwarzen

weichen, bröckeligen Mergeln. Sie enthalten nuss- bis eigrosse, nierige Aggregate von Markasit. Vor etwa 30 Jahren wurde ein Stollen am Javrex ob der Säge in den Mergel getrieben, der jetzt wieder eingestürzt ist.[1])

Fossilien waren nicht zu finden.

Ausser am Javrex sind die schwarzen Mergel auf weite Strecken aufgeschlossen im R. des Coveyes und im Bach, der vom Mont du Milieu nach E fliesst. Diese beiden Bäche haben dem weichen Material entlang getastet. Die „Gaultmergel" sind aber auch in der Kreidezone von Bodevena vorhanden, so bei der Bachverzweigung südlich P. 1297.

Die Grenze gegen die Oberkreide ist nur im unteren Teil des R. des Coveyes bei Kurve 990 m aufgeschlossen, und dort etwas tektonisch gestört. Über dem homogenen, dunkeln Mergel folgt 10—30 cm Mergel mit bis 10 cm dicken Flasern von feinstkörnigem dunkelgrauem Kalk vom Aussehen der Drusbergschichten, darüber direkt scharf grenzend die Oberkreide.

Dass die dunkeln Mergel bereits dem eigentlichen Gaultton von Folkestone angehören, ist angesichts des Übergangs aus den Gamserschichten unwahrscheinlich. Sie gleichen in der helvetischen Fazies am meisten den Luiteremergeln, die aber sonst im normalen Profil unter den Gamser-Grünsandschichten liegen. Für eigentlichen Gault käme also eventuell nur die dünne Lage mit Kalklinsen an der Oberkreidegrenze in Betracht.

Turon, Seewerschichten.

Über dem fraglichen Gault folgt im R. des Coveyes:

1. 3—5 m grünliche Mergel mit dichten grünlichen Kalkbänken von 1—3 dm, voller schwarzer Flecken und Fucoiden. Übergang

2. 15 m Seewerkalk, helle z. T. kreidige Bänke von dichtem Kalk, z. T. mit Tonbänken und Stylolithen, von 2—5 dm, voller mit der Lupe deutlicher Globigerinen und *Discorbina canaliculata.* Übergang

3. Seewerschiefer, feinkörniger grünlicher Mergelschiefer voller Fucoiden (Fleckenschiefer), 5 + x m (genau wie im Drusberggebiet).

Wie schon Gilliéron bemerkt hat, findet man am NE-Ende des Mont Bifé bei La Grosse Gite auch rote Oberkreide, und zwar

[1]) In dem eben erschienenen Werk „Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges" von Fehlmann, Bern 1919, wird auf pag. 246—247 das Markasitvorkommen von Cerniat (Javrex) durch E. Baumberger beschrieben. Merkwürdigerweise ist darin entgegen Gilliéron die gesamte Schichtfolge missverstanden, als Hauterivien gedeutet, und der Bruch übersehen worden, welcher bei der Säge Urgon scheinbar über die Mergel stellt. Man setze statt „Graublaue Kalke" auf Kartenskizze Valangien, auf Profil Barrémien, statt „Braune Spatkalke" Urgon, statt „Schwarze Kalke" Gamserschichten, statt „Dunkle Mergel mit Markasit" Gault s. l.

eine massige Seewerkalkbank von 1/2 m, die in grünlichen Seewerkalk und dann in Seewerschiefer übergeht, also den oberen Teil des Seewerkalkes einzunehmen scheint. Am schönsten aber ist roter Seewerkalk bei etwa Kurve 1180 m im R. de la Joux derrey N Cerniat in der Zone von Bodevena aufgeschlossen. Bei steilem SSE-Fallen treffen wir hier von S:

a) 2 m grünliche, graue und schwarze Mergelschiefer mit linsigen Bänken von grünlichem Fucoidenkalk,
b) 2,5 m typischer Seewerkalk mit zwei je 20 cm dicken, linsigen, rosafarbigen bis roten Einlagerungen,
c) 3 m graue Mergel mit Kalklinsen, wohl Seewerschiefer, scharf grenzend an Flysch-Glimmersandstein (Fig. 10).

Wir finden hier somit ein reduziertes, verkehrtes Kreideprofil.

Mehrfach schuppenartig übereinander trifft man auch Seewerschichten und Senonmergel am N-Abhang der Alpettes, wiederum mit einer roten Lage, mergelig, 30 cm, anscheinend im oberen Teil des dort gegen 40 m mächtigen (gedoppelten?) Seewerkalkes, übergehend in grauen Seewerschiefer (Fig. 12).

Die genannten dünnen Lagen sind nicht mit Couches rouges der „Préalpes médianes“ zu verwechseln. Es handelt sich lediglich um typische rote Seewerschichten, wie sie auch in den oberen helvetischen Decken der Ostschweiz und am Grünten im Allgäu auftreten.

Senonmergel.

Leider findet sich kein einziges normales, ausgedehnteres Senonprofil, so mächtig auch die Senonmergel auf der N-Seite des Bifé (Bodevena) angehäuft sind. Im oberen Javrex und seiner Verzweigung gegen Bourret (Fig. 10), sowie am N-Abhang der Alpettes (Fig. 12) lassen sich in den einzelnen Aufschlüssen rein lithologisch unterscheiden:

a) Mergel vom Aussehen der Leibodenmergel, bröckelig, griffelig, grünlich,
b) Leistmergel, grau, weich, schieferig, mächtig im oberen Javrex (Bodevena),
c) grünliche, dünnschieferige Fleckenmergel. Diese sind am besten aufgeschlossen am Bergsturzabriss von Pessot (Fig. 8), wo sie bereits von Gilliéron zur Kreide genommen wurden, 40 + x m.
d) Wildflyschartiger Senonmergel, bei Pessot (Fig. 8), aus c ohne erkennbare Grenze hervorgehend: 5—20 m dunkelgraue, feinst glimmersandige Mergel voller zerrissener Linsenstücke und kleinere Blöcke von glauconitischem Sandstein. (Niveau der Hachauerschichten?)

Im ganzen gewinnt man den Eindruck, dass die Senonmergel nördlich des Bifé normal mehrere hundert Meter mächtig sind.

Lutétien.

Bei L von La Chablex auf Blatt 361 (1:25 000), im Flysch, 2 km N des Bifé, bei 1220—1240 m, steht das von Gilliéron entdeckte und genau beschriebene einzigartige Nummulitengestein an, mit Streichen E 35 N und am Südende deutlichem SSE-Fallen von 35°—40°. In der Bachfurche lässt sich folgendes lückenhaftes Profil erkennen, von unten:

0,5 + x m dünnblättriger Glimmersandstein, Flysch.

3 m Seewerkalk voller Globigerinen.

15—20 m grobkörniger Sandstein, übergehend in Granit-Nummulitenbreccie, darüber Alpterrasse ohne Aufschlüsse, wohl Wildflysch.

Das Nummulitengestein bildet ein bewaldetes Bord von etwa 200 m Länge, und besteht aus einer kalkigen Grundmasse aus Bruchstücken von Lithothamnien, Nummulinen und Orthophragminen, mit Quarzkörnern und eckigen Einschlüssen von Granit verschiedener Art in allen Dimensionen bis zu ½ m. Stellenweise besteht das Gestein vorwiegend aus grauem Granit. Unter den Orthophragminen tritt massenhaft eine kleine aufgeblähte, stark gepfeilerte Form vom Aussehen der *O. Chudeaui* Schlumb. auf. Assilinen scheinen zu fehlen. Kleine megasphärische Nummulinen sind massenhaft, darunter eine Form mit Nabel, ähnlich *N. Boucheri (= incrassata)*, ferner seltene grössere mikrosphärische Formen wie *N. atacica* (oder *N. gallensis?*), sowie ein Exemplar von 15 mm Durchmesser, 3 mm Dicke und 15 Windungen, wohl eine kleine *N. complanata*. Es ist somit wahrscheinlich, dass die Granitbreccie dem Lutétien angehört. Ähnliche grobe Quarzsandsteine mit entsprechenden Nummuliten hat neulich A. Jeannet bei Iberg (Drusbergdecke) gefunden.

Das nach Fazies und Lage merkwürdige Vorkommnis muss, wie der Seewerkalk, als ein Schürfling aus der „Rhonenarbe“ betrachtet werden.

Flysch.

Der Flysch von N und E des Bifé, der sich zur Berra 1723 m erhebt, bildet teils das Liegende, teils das anscheinend normale Hangende (Grosse Gite) des Bifé, und besteht aus grobem Glimmersandstein und Mergelschiefern. In den Bachfurchen findet man ganze Sammlungen von Blöcken, worunter Ölquarzit und Breccien, die als anstehende Schichten nicht gefunden wurden. Auch der Flysch SW des Bifé, diesen unterlagernd, ist typischer Wildflysch (Fabrik Caillier). Auf dem rechten Ufer der Sarine gegenüber La Perche wird ein Steinbruch in weiss gesprenkeltem Sandstein (verwitterter Feldspat) und Kon-

glomerat betrieben, dessen grobe Bänke schwach S fallen. Auch am linken Ufer W Broc wird der harte Sandstein abgebaut.

Mit den stratigraphisch zum Flysch gehörenden Blöcken von Quarzit und Breccien sind nicht zu verwechseln die tektonisch von diesen eingehüllten Schürflinge aus Malm und Kreide.

Molásse.

Im R. de Chaux, SE Villarvolard, bei 820—860 m, wo Gilliéron Flysch angibt, steht grauer, glimmerhaltiger Sandstein in dicken Bänken mit Mergellagen an, ziemlich regelmässig N 25–30° E streichend, 30—60° SE fallend und wohl der Molasse angehörend. Ganz gleichen Sandstein, auf Bl. XII, 1 : 100 000, als Ralligsandstein bezeichnet, trifft man am N-Fuss der Alpettes bei La Savoyardaz SW Vaulruz (verlassener Steinbruch). Ob es sich um oligocäne Molasse handelt, bleibt noch zu beweisen.

Vergleiche.

Jura.

Der Dogger von Bulle mit seinem charakteristischen Bathonien steht einzigartig da. Etwas ähnliches ist mir aus den helvetischen Decken der Ostschweiz nicht bekannt und auch nicht vom Pommerngrat in der Zone des Cols bei Lenk. Die merkwürdigen Mikroflaserschichten, die mit der Lupe am kleinsten Querbruchstück von jedem andern Gestein unterschieden werden können, sind überhaupt bis jetzt noch nicht erwähnt worden.

Die Oxfordschiefer stellen sich im abgewickelten helvetischen Querprofil zuerst in der Wildhorndecke (Engelberg-Faulhorn) ein und erreichen in der Bonvindecke und der Zone interne (Adelboden-Lenk etc.) grosse Mächtigkeit und weite Verbreitung.

Das Argovien ist ähnlich den klassischen „Couches à Ciment“ von Châtel-St. Denis in der Externzone entwickelt und wie dort im unteren Teil vorwiegend durch blaue, bröckelige Mergel vertreten, während im klassischen Gebiet der Schiltschichten die umgekehrte Faziesfolge besteht. Überhaupt ist das Argovien der Externzone von wesentlich anderer Fazies als dasjenige der helvetischen Decken der Ostschweiz. Im südlichen Teil des Bifé, in der Jogne-Schlucht, ist es auf 5—20 m reduziert, vielleicht nur tektonisch, wie z. B. am Laubhorn bei Lenk, in der Zone des Cols.

Wohl das charakteristischste Gestein der Zone externe, genau gleich wie der Zone interne (z. B. Lenk-Halten), ist der knollige

bis brecciöse, dichte, hellgraue Malmkalk (Châtelkalk), insbesondere die fossilreichen Bänke des Sequan (Calcaire grumeleux). Der Typus des Quintnerkalkes ist nur noch im Kimmeridge und Tithon vertreten, und die Gesamtmächtigkeit, die im abgewickelten Querprofil schon in der Wildhorndecke (Fläscherberg, Engelberg, Faulengruppe) auf etwa 200 m heruntergegangen, hat sich weiter bis auf 100 m reduziert. Auch die Portland-Zementsteinschichten, die noch in den parautochthonen Berner- und Waadtländeralpen mehrere hundert Meter mächtig sind, aber in der Wildhorndecke abnehmen, haben sich weiter bis auf 14 Meter und weniger reduziert.

Eine rätselhafte Erscheinung ist das Auftreten der Bohnerzformation bei Tour de Trême, während doch am Bifé der Malmkalk durch alle Übergänge mit dem 400 m mächtigen, vollständigen, teilweise bathyalen Neocom verknüpft ist und auch höher sich keine Spuren einer Festlandbildung erkennen lassen.

Im Vergleich zum Profil der Veveyse bei Châtel-St. Denis fällt die geringere Mächtigkeit des Kimmeridge am Bifé auf, sowie das Fehlen der für dort wie für das Gebiet der Zone interne und der Plainemorte charakteristischen, flaserig-linsigen Lagen desselben. Die dünnbankigen Lagen scheinen aber da wie dort bezeichnend für das Kimmeridge zu sein. An Stelle der Geröllbank des Tithon am Bifé und der Portland-Zementsteinschichten liegt an der Veveyse eine Riesenbreccie von etwa 5 m Mächtigkeit. Die Malm-Kreidegrenze scheint also wechselvoll entwickelt zu sein.

Kreide.

Eine der interessantesten Erscheinungen ist das Wiederauftreten unzweifelhafter Öhrlischichten mit Öhrlikalk am Bifé, an den Säntis erinnernd, während diese groboolithisch-agglomeratische Fazies in der abgewickelten mittleren Zone der helvetischen Fazies (Alvier-Drusberg-Wildhorndecke, südlicher Teil) vollständig verschwunden war. An der Veveyse sind die Öhrlimergel („Couches à Ptéropodes“ Ooster) zwar typisch entwickelt, aber bathyaler ohne die Öhrlikalkfazies. Die letztere fand ich hingegen wieder in der Zone des Cols bei Lenk und Adelboden im gleichen Niveau, und die am Abrupt de Villarbeney vorhandene Konglomeratfazies der Öhrlimergel ist bei Lenk in Form mächtiger Riesenkonglomerate entwickelt.[1])

Das Valangien s. str. ist im südlichen Teil des helvetischen Faziesgebietes als Mergel mit Kalkbänken unten (Latuszone) und gelblichem, schieferigem oder plattigem Kalk (Diphyoideskalk) oben

[1]) Vergl. Arnold Heim, Verh. Schweiz. Nat. G. 1919, und Eclogae 1920.

entwickelt, so in der Drusbergdecke und auch an der Veveyse. Am Bifé hingegen folgen darüber abermals mächtige, bläuliche Mergel mit Kalklagen, wohl als mergelige Ausbildung der oberen Diphyoideskalkabteilung, die an der Veveyse etwa 80 m mächtig ist.

Das Hauterivien nimmt im abgewickelten Faziesprofil als Kieselkalk von N nach S an Mächtigkeit zu, dann am Bifé wieder ab bis auf 100 m unter Vermergelung des mittleren Teils. Während am Bifé die Abgrenzung desselben noch gut erkennbar ist, sucht man an der Veveyse vergeblich nach einer Faziesgrenze. Die Ausbildung ist dort reiner bathyal (série compréhensive), und man gelangt vom Valangien durch alle Übergänge zum Barrémien (Ch. Sarasin, E. Gagnebin).

Das Barrémien ist am Bifé wie an der Veveyse in bathyaler Cephalopodenfazies entwickelt (mergelig, mit Desmoceras difficile), die im südlichsten Teil der Säntis-Drusbergdecke noch nicht erreicht ist.

Eine Art Wiederholung des Öhrlikalkes bildet der Urgonoolith, nachdem am S-Rand der Drusberg-Wildhorndecke die Urgonfazies teils primär, teils durch die Wangtransgression verschwunden war. Am Bifé kehrt sie nun in verändertem, an die jurassische Ausbildung erinnerndem Aussehen wieder. Auch der vor der Wang- und Eocäntransgression denudierte „Gault“ (Gargasien), die Seewerschichten und Senonmergel sind am Bifé verschont geblieben. Die Wangschichten haben wohl das Faziesgebiet des Bifé nicht mehr berührt. So ist die helvetische Fazies der mittleren und oberen Kreide ohne wesentliche Veränderung erhalten geblieben.

Überblicken wir die ganze mesozoische Schichtfolge des Bifé, so fallen noch folgende Erscheinungen allgemeiner Art auf:

1. Die Cephalopodenfazies mit Aptychen ist die vorherrschende, während andere Fossilien ausser Cephalopoden zurücktreten.

2. Im Gegensatz zur mittleren helvetischen Faziszone sind die Fossilien nicht auf einzelne dünne Fossilschichten an Stelle von Faziesgrenzen konzentriert.

3. Fast alle mergeligen und sandigen Abteilungen enthalten massenhaft Spuren von Algen (Zoophycosschichten, Fleckenmergel).

4. Die genetisch noch unaufgeklärte knollen-konglomeratartige oder brecciöse Kalkfazies mit Cephalopoden setzt schon im Bathonien ein und charakterisiert den Malm.

5. An Stelle der nordhelvetischen Diskontinuität zwischen Dogger und Malm finden wir eine kontinuierliche, geosynklinale Entwicklung

von mächtigem Callovien-Oxford. Auch Valangien s. str., Hauterivien und unteres Barrémien sind in bathyaler Cephalopodenfazies entwickelt.

6. Zum Unterschied lassen sich aber auch Anzeichen erkennen, dass am Bifé die helvetische Geosynklinaltiefe zeitweise bereits nach S überschritten ist: Konglomerat und grober Sandstein mit Granit im Bathonien, Öhrlimergelkonglomerat, Öhrlikalk, Urgonoolith, Bohnerzton im Malm. Die zwei in der Wildhorn-Drusbergdecke ganz oder teilweise verloren gegangenen Sedimentationszyklen mit Öhrlikalk und mit Urgonoolith im Sinne von Arbenz[1]) kehren also am Südrand der helvetischen Fazieszone wieder.

Tektonik.

Ohne eine detaillierte Karte mit Profilserien kann es sich hier nur darum handeln, einige neue Gesichtspunkte zur Tektonik zu geben.

1. Der Bifé.

Wie Gilliéron gezeigt hat, besteht der Bifé aus 5—6 grösseren Falten mit Jurakern. Dazu kommen noch Sekundärfalten, die Überschiebungen von Monsalvens im S und von Pessot im N (Fig. 1). Die Falten streichen nach E oder ENE und sinken axial in dieser Richtung, im Mittel wohl etwa 20°. Wie sich die südliche Falte I verhält, ist nicht genau zu bestimmen, weil an das Diluvialplatéau von Charmey grenzend.

In der Schlucht der Jogne hat Schardt als Experte für die Wasserkraftanlagen eine schräg stehende Transversalverschiebung festgestellt, welche das Gewölbe auf der E-Seite vor die Mulde der W-Seite stellt und sich im Malm der Ruine Monsalvens fortsetzt[2]). Der Malm des grossen Gewölbes II nördlich Châtel versinkt NE Crésuz.

Der Malm des liegenden Gewölbes III von P. 1305 versinkt schon am Bach NW ob Crésuz, und der schon von Bulle aus sichtbare elegante, aufrechte Spitzbogen von IV NW neben P. 1274 erreicht nicht einmal die Grathöhe.

Die Axe von Gewölbe V scheint im Malm von Signal 1436,7 zu kulminieren, sinkt dann aber nach NE und taucht mit einem schönen Malmgewölbchen von 30° direkt messbarem östlichem Axenfallen bei Cerniat unter das Valangien, während das Hauterivien noch einen Kilometer weiter bis zur Strassenkehre bei Le Plan reicht und dort 35° NE sinkt. Den Muldenkern zwischen G. III und IV bildet der Gaultmergel des Mont du Milieu.

---

[1]) P. Arbenz, Probleme der Sedimentation etc., Viertelj. N. G. Z. 1919.
[2]) H. Schardt, Verh. Schweiz. Nat. G. 1919.

Das Bifégewölbe VI liegt zunächst stark nach N über, schliesst sich im Oxford bei Joux Galez, im Argovien unmittelbar westlich des östlichen Bifégipfels 1561. Dann stürzt der Malmkalk plötzlich in aufrechtem, geschlossenem Gewölbe mit 70—80° Axengefälle, so steil wie der Felsabsturz nach NE in die Tiefe, unter das Valangien der Alpweiden Commun derrey tauchend! Um eine Querfaltung kann es sich hier nicht handeln, da die begleitenden Malmzüge V (Cerniat) und VII (Pessot) ruhig weiter östlich fortsetzen. Die Verbindung des Bifé-Malm mit demjenigen von Pessot (Gilliéron) ist nicht vorhanden.

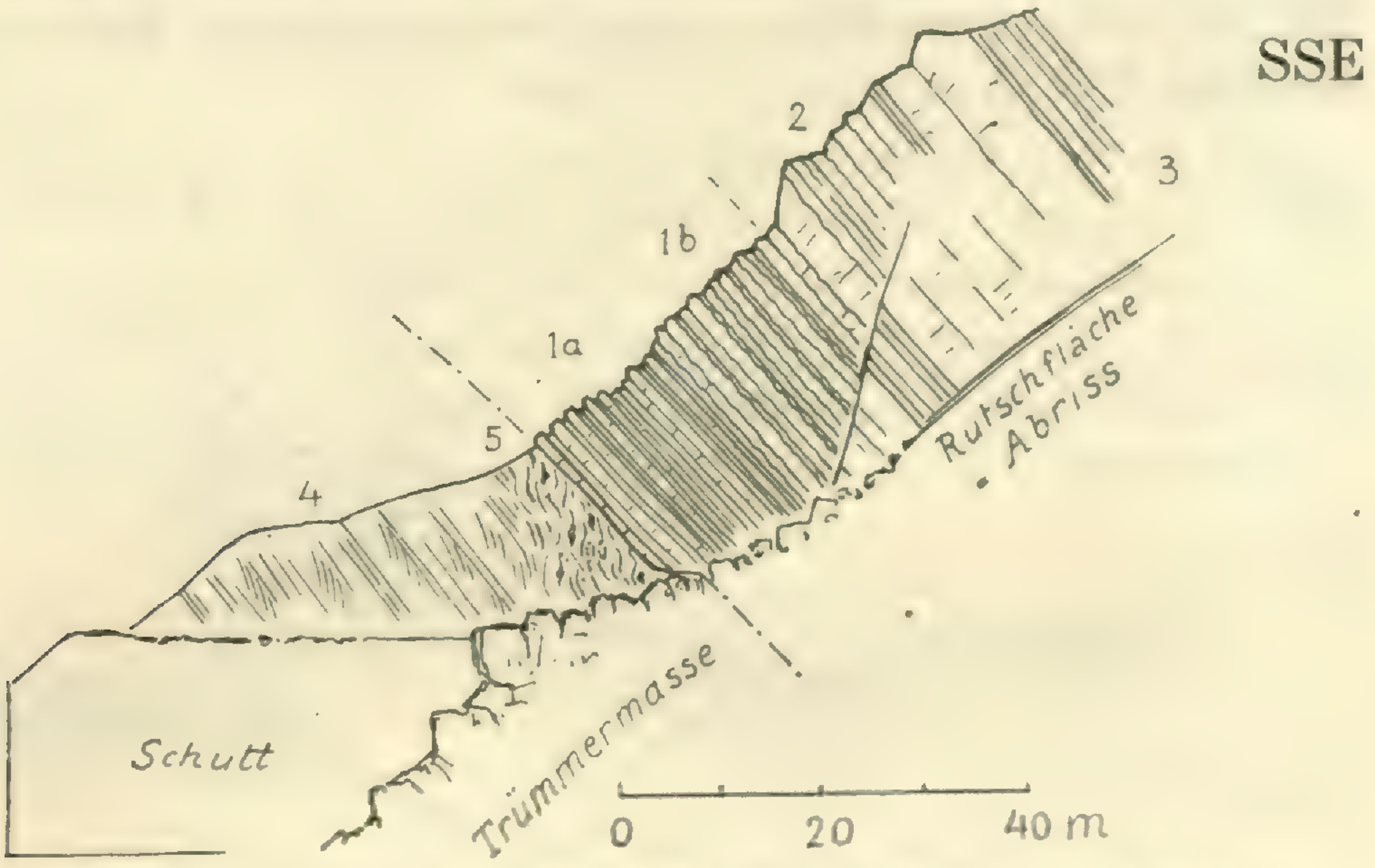


Fig. 8. Überschiebung des Mt. Bifé beim Bergsturzabriss von Pessot.

1 Argovien, 2 Sequan, 3 Kimmeridge, 4 Senonmergel, 5 Wildflysch.

In der östlichen Fortsetzung des Bifégewölbes folgt ein mehrfach geschuppter Synklinalkern von Seewerkalk, Gault und Urgon (Montferrand — Les Places).

Eine besondere Merkwürdigkeit ist die ausserordentliche Reduktion des Malmkalkes in der sonst normalen Muldenverbindung von G. V und G. VI bei Bifé dessous zu einer marmorisierten Bank von etwa 5 m (Fig. 1). Gilliéron übersah wohl diese Druckmetamorphose und schloss auf eine bedeutende Erosion vor Ablagerung des Neocom.

Nur der nördlichste überschobene Malm von Pessot (VII) setzt sich bis an das NE-Ende der Kreide (Frasillet) fort, unter seitlicher Eindrückung bei En Ladde, wo die Kreidezone auf 200 m zusammengeschnürt ist, und der Gault, normal S fallend, auf einem Sekundärgewölbchen von Valangien aufsitzt (Längsstreckung).

Auf der Ostseite des Hügels En Frasillet 1204 sinkt das Neocom 45° NE unter reduzierte Seewerschichten mit Spuren von Senonmergeln, und diese unter Flysch. Urgon und Gault scheinen durch Längsstreckung verloren gegangen zu sein. Dagegen schaltet sich zwischen Oberkreide und Flysch bei La Grosse Gite noch eine überschobene Neocommasse ein. Auch der Umstand, dass der Malm bei P. 1184, zu einer Spitze ausgezogen, fast bis zum bedeckenden Flysch von P. 1190 reicht, lässt sich wohl nur durch Längsstreckung erklären. Eine besondere Art der Längsstreckung ist noch im Valangien bei 1060 m im R. du Javrex aufgezeichnet: der blaue Mergel des Valangien zerfällt in lauter gestreckte, gerade, bis meterlange Stäbe von der Richtung E 30 N.

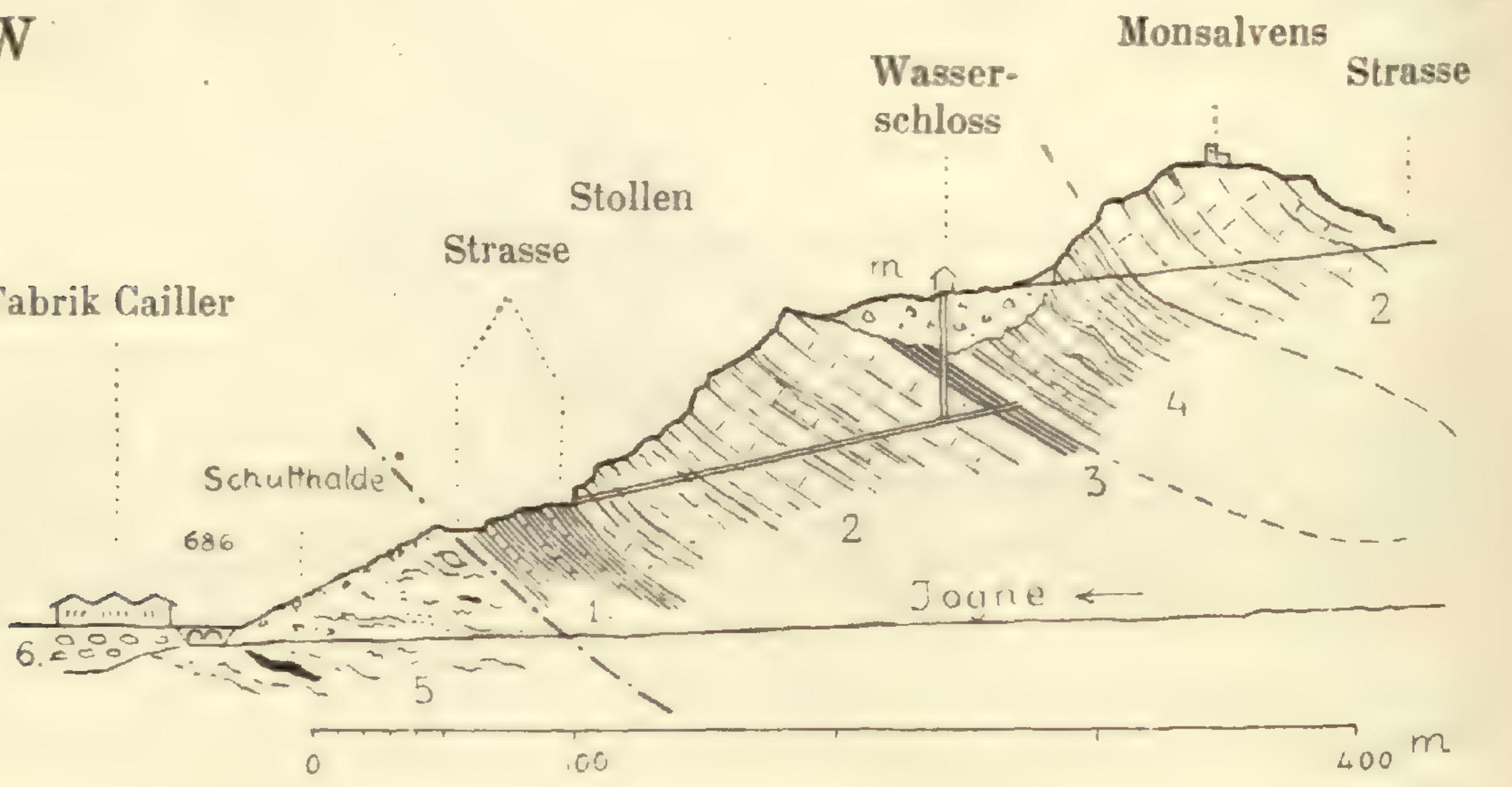


Fig. 9. Längsprofil vom SW-Ende des Bifé, 1:5000.

1 Argovien, 2 Malmkalk, 3 schwarze Mergel, 4 Valangien, 5 Wildflysch mit Malmschürfling, 6 Diluviale Schotter, m Moräne.

In prachtvoller Weise ist am Bergsturzabriss von Pessot die glatte Überschiebung des Argovien auf die Kreidezone von Bodevena zu sehen (Fig. 8). Die Rutschfläche mit Kalzitbelag streicht wie die Argovienbänke E 20 N und fällt 40—50° S. Sie entspricht der Überschiebung des Bifé in seiner Gesamtheit (Fig. 1). In der Tat kommt der Flysch auch am SW-Ende des Bifé, an der Jogne, zum Vorschein, direkt unter dem Argovien. Dieses, wie auch Malmkalk und Valangien an der Strasse nach Bataille streichen quer NW und fallen 40—70° ENE! So springt das Muldenstück von Bataille im Längsprofil nach W in die Luft, hoch über den Wildflysch hinweg, der seinerseits S der Fabrik Cailler normal 30° SSE fällt (Fig. 9).

2. Die Kreidezone von Bodevena.

Wie die etwas schematisierte Karte von Gilliéron zeigt, scheint der grösste Teil des Sattels von Bodevena 1266 in einer Breite bis über $^1/_2$ km aus oberer Kreide zu bestehen. Beim Chalet du Pessot 1210 kommt auch Seewerkalk vor, und dieser wiederholt sich im oberen Javrex wenigstens zweimal in steil stehender Lage zwischen Senonmergeln. In seinem linken Seitenzweig südlich P. 1297 fallen Seewerkalk und darauf Gaultmergel lokal verkehrt nach NW. Im nächst östlicheren R. de la Joux derrey wiederholt sich der Seewerkalk dreimal, das Neocom zweimal, mit zweimal eingeklemmtem Wildflysch (Fig. 10). Nach SW hingegen folgen ausgedehnte Bergsturzmassen. Der „Abrupt de Villarbeney" folgt einer N streichenden Transversalverschiebung (R. in Fig. 6). Früher oder später scheint aber die Kreidezone von Bodevena nach unten und S auszukeilen, denn bei Cailler liegt das Argovien des Bifé direkt auf Wildflysch, und das Gleiche muss auch nach NE angenommen werden. Die Zone von Bodevena ist demnach ein in sich selbst geschuppter Schürfling, ähnlich wie im Grossen der darübergeschobene Bifé.

NW SE

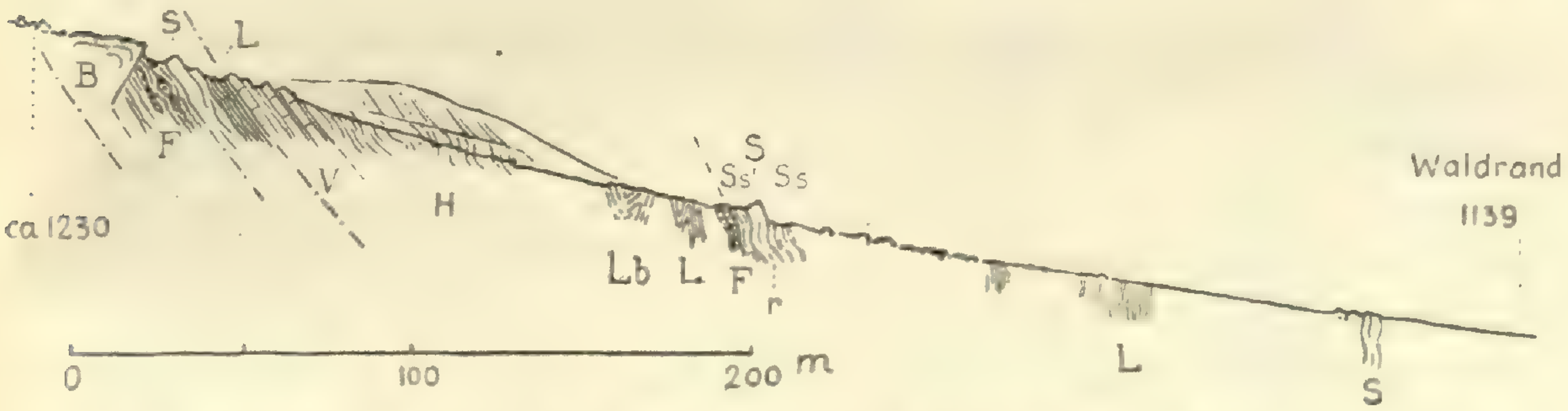


Fig. 10. Aufschlüsse im Ruisseau de la Joux derrey, nördl. Cerniat (Zone von Bodevena).

V Valangien, H Hauterivien, B Barrémien (oder Hauterivien ?), S Seewerkalk (r rot), Ss Seewerschiefer, Lb ? Leibodenmergel, L Leistmergel, F Wildflysch.

3. Der Flyschrücken von Paquiers.

Der Waldrücken nördlich des Bifé besteht aus Wildflysch mit Glimmersandsteinbänken und massenhaft Blöcken von sog. Niesenbreccie. In seiner Gesamtheit hat er aber einen von Niesenflysch grundverschiedenen Charakter; es fehlen ihm, soweit beobachtet, sowohl die Bündnerschiefer, wie auch die dichten, blauen, malmartigen Kalkbänke des Niesengipfels und die zusammenhängenden Bänke grober Breccien. Die Schichtlage ist selten zu sehen; auf dem Rücken La Schiaz 1365 fällt der Sandstein 70° SE. Dieser Flysch enthält

verschiedene Schürflinge von Malm, die schon von Gilliéron ausführlich beschrieben wurden. Eine weitere Malmlinse fand sich südlich 11 von Teraillonaz auf Bl. 361, Kurve 1230. Als Liegendes der Granit-Nummulitenbreccie S von Chablex fanden wir Seewerkalk, nicht Malm (vergl. pag. 450).

An der Berra, 1723 m, vereinigt sich der Flysch vom Hangenden und Liegenden des Bifé.

Im Bach bei Plancheyri SE Villarvolard steht graue Molasse an, 35—55° SE fallend, darüber bei der ersten Talsperre in 900 m gegen 80 m mächtig grünlichgraue Schiefermergel, wohl Leistmergel, Senon, 40° SE fallend. Diese Mergel scheinen, an Einsiedeln erinnernd, die Basis des Flysch der Berrazone zu bilden, der zwar im genannten Bach nicht aufgeschlossen ist (Fig. 1).

Südlich und östlich der Brücke 686 bei der Fabrik Cailler kommt wieder typischer Wildflysch unter dem Argovien des Bifé zum Vorschein, und am linken Ufer der Jogne enthält er auch einen 10 m langen und 2—3 m dicken Schürfling von Malmkalk, analog den Schürflingen des Rückens von Paquiers.

4. Die Ebene von Bulle.

Gilliéron hat angenommen, dass das Oxford des westlichen Sarineufers bei Broc durch eine Verwerfung gegen den Flysch des rechten Ufers grenze. Schon von der Brücke aus lässt sich erkennen, dass das Oxford, wie Schardt gefunden, auf dem Flysch liegt, und zwar mit einer Rutschfläche von 40—60° NW-Fallen, während der liegende Wildflysch mit Sandstein und Breccie 40° W fällt. Die Flyschzone von Broc bildet somit ein von S nach N durchgehendes sundförmiges Fenster unter der transanticlinal gewölbten Schubfläche Bifé-Bulle (Fig. 11).

Über die Tektonik von Bulle mit dem Wald von Bouleyres lässt sich aus den einzelnen Aufschlüssen kein befriedigendes Gesamtbild

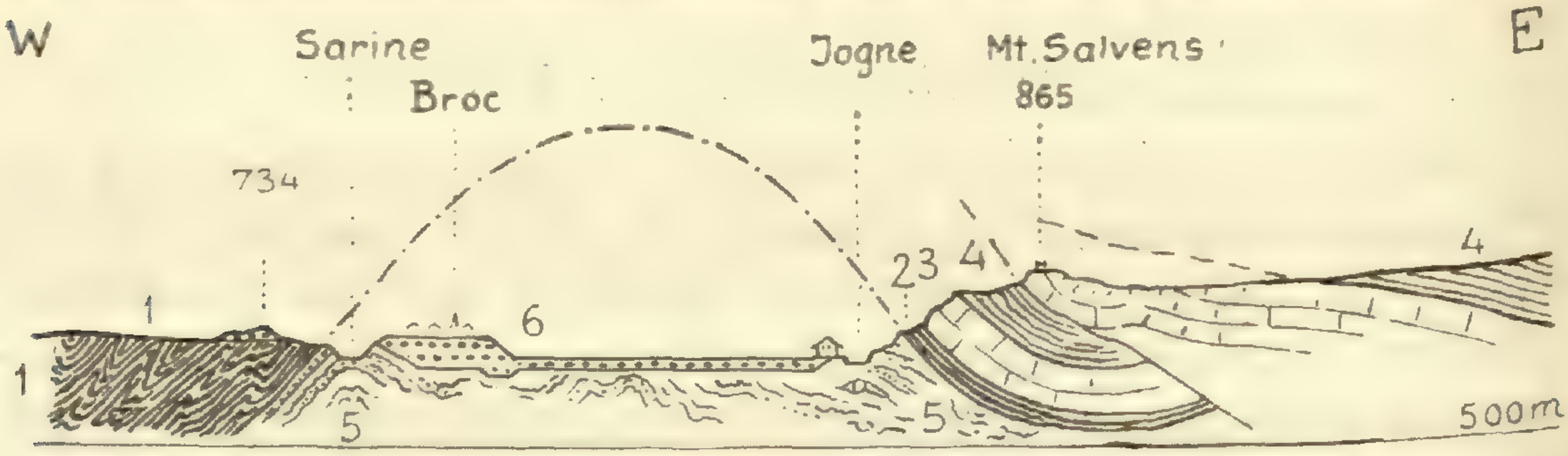


Fig. 11. Längsprofilskizze durch Broc, 1:30000.
1 Oxford, 2 Argovien, 3 Malmkalk, 4 Valangien s. l., 5 Wildflysch, 6 Diluviale Schotter,
–·–·– Überschiebung der Préalpes externes.

rekonstruieren. Die einzelnen Aufschlüsse zeigen Falten und Fältelungen mit Schichtstreichen nach allen Seiten. So fallen die Schichten des Oxford am linken Sarineufer vorwiegend W bis SW, und die Fältchen sind ebenso quer verdreht. Das normal NW überliegende Calloviengewölbchen von Crêt Vudy fällt axial 40° SW; der Malm vom Bahnhof Tour de Trême ist wieder nach N gedreht. Diese sonderbaren Verkrümmungen deuten wohl auf die Nähe der höckerigen Unterlage der Überschiebung hin, und waren begünstigt durch die gewaltige Masse beweglicher Oxfordschiefer. Dass das Juragebiet von Bulle als Rumpf des Bifé zu betrachten ist, geht aus Fazies-Gründen hervor: das Oxford von Bouleyres entspricht demjenigen des Bifé (Jogne, Bifé dessous), und der brecciöse Malm von Tour de Trême dem Châtelkalk, während umgekehrt die ganze Schichtfolge sich nicht mit den Préalpes médianes reimen lässt.

5. Der Nordabhang der Alpettes.

SW vom Juragebiet von Bulle erheben sich bewaldete Flyschberge auf 1393, in den Alpettes auf 1416 m Höhe, und es lässt sich wegen Moränenbedeckung an ihrem Fuss nicht direkt ermitteln, ob der Jura von Bulle gegen SW unter diese Flyschberge taucht, wie der Bifé nach NE. Wahrscheinlicher ist, dass er einfach längszerrissen endigt.

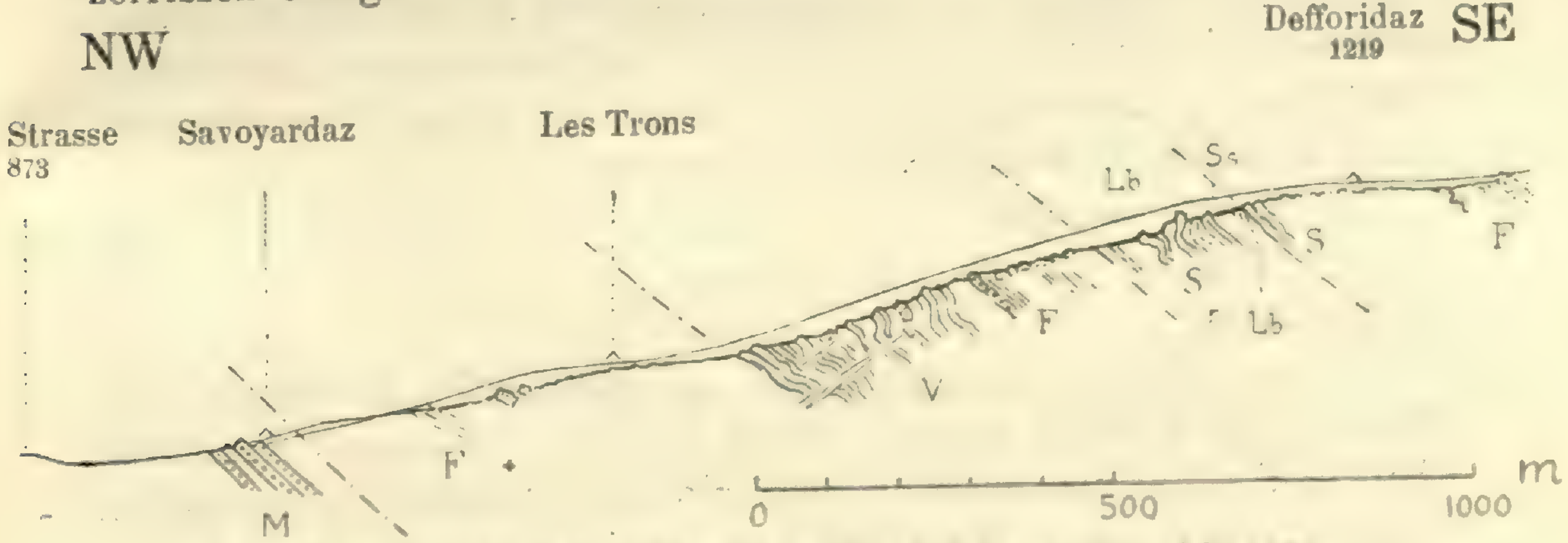


Fig. 12. Profilskizze durch den Nordabhang der Alpettes.
Bezeichnungen wie in Fig. 10.

Am N-Abhang der Alpettes finden wir die Molasse-Unterlage bei Savoyardaz entsprechend derjenigen von Villarvolard. Der Flysch darüber ist dann mit der reduzierten Berrazone zu vergleichen. Die verschiedenen Kreideschuppen, mit mächtigem Valangien in der unteren Schuppe und mächtiger Oberkreide in den höheren, stimmt tektonisch und stratigraphisch auffallend mit der Zone von Bodevena überein (näheres in Fig. 12).

Weiter südlich folgt dann die berühmte Schuppenzone am Westfuss des Flysch von Niremont-Corbettes-Pléyades als Fortsetzung der Berra, mit Oberkreide in Schuppen für sich und Malm als Basis der Unterkreide, die ihrerseits unmittelbar von Flysch bedeckt wird, wie in der tieferen Schuppe der Alpettes. Auch die in der Gesamtheit zwar unbedeutenden, im einzelnen aber auffallenden Faziesdifferenzen des Bifé mit dem Profil der Veveyse stimmen mit der Ansicht überein, dass hier eine tiefere Schuppenkette aus etwas nördlicherer Faziszone vorliegt, analog der Zone von Bodevena. Die mit Spannung erwartete Monographie der Pléyades-Corbettes von E. Gagnebin wird weitere Aufklärung bringen. Dass der Bifé im Berraflysch wie die Zone der Pléyades im Sinne von Lugeon als von der Bonvindecke und den Préalpes internes abgerissene Schuppenmasse aus dem Süden der helvetischen Faziszone zu betrachten ist, und eine förmliche Art tektonischer Stirnmoräne der alpinen Schubdecken darstellt, kann nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse nicht mehr bezweifelt werden.

Bemerkungen zur Morphologie.

Entsprechend dem Ansteigen der Falten nach W und ihrem vorwiegenden Überliegen nach N erhebt sich der Bifé wellig-hügelig, um dann mit steilen Wänden gegen das Tal der Sarine abzubrechen. Der bedeutendste Felsabriss und beste Aufschluss, der „Abrupt de Villarbeney“ verdankt seine Entblössung einer N streichenden Transversalverschiebung mit schief aufsteigenden Rutschstreifen auf Kalzitbelag (Fig. 6). Aber anderseits ist gerade die grosse Überschiebung durch ausgedehnte Bergsturzhügel verdeckt.

Im Gebiet von Bulle hat die Erosion des Saanetales alle tektonische Struktur überwältigt und nur einen sanfthügeligen Rumpf übriggelassen.

In der Gegend von Broc hat die Sarine die transantiklinale Wölbung als Austritt aus den Alpen gewählt. Allein sie fliesst von Château d'en Bas bis zum Knie von La Perche auf einem epigenetischen Talstück, statt ihrem diluvialen Lauf gradaus über Broc zu folgen. Auch die Trême ist abgelenkt und fliesst von Bulle aus auf epigenetischem Bett rückwärts der Albeuve zu. Die Jogne, statt ihrem diluvialen Bett von Charmey nach SW dem Nordfuss der Dt. de Broc zu folgen, ist nördlich abgelenkt und hat eine tiefe epigenetische Schlucht in Malm und Unterkreide des Bifé eingeschnitten. Am engsten Felseinschnitt bei Rusille E. Châtel wird zurzeit ein hoher Staudamm gebaut. Es wird sich zeigen, ob der See auf dem alten Talweg versiegt oder der glaziale Schutt genügend dichtet.

Inhalt.

Einleitung und Vorwort 435
Stratigraphie 437
Schichtfolge. 437
Dogger 437
Callovien-Oxford 439
Argovien 440
Malmkalk (Sequan bis Portland) . 441
Berriasien 443
Valangien s. str. 444
Hauterivien 445
Unteres Barrémien. 445
Urgonoolith 446
Gamserschichten, ... 447
Dunkle Mergel 447
Turon, Seewerschichten 448
Senonmergel 449
Lutétien 450
Flysch 450
Molasse 451
Vergleiche 451
Jura 451
Kreide 452
Tektonik 454
1. Der Bifé 454
2. Die Kreidezone von Bodevena 457
3. Der Flyschrücken von Paquiers 457
4. Die Ebene von Bulle . . 458
5. Der Nordabhang der Alpettes 459
Bemerkungen zur Morphologie . . . 460

Über Kreise und Kegelschnitte.

Von

A. Kiefer (Zürich).

(Als Manuskript eingegangen am 30. Dezember 1919.)

Zwei Kreise mit den Mittelpunkten A, B mögen die Radien R, r und die Zentrale $AB = c$ haben. Dann sind die Lote von der Mitte M der Strecke AB auf eine äussere, beziehungsweise auf eine innere gemeinsame Tangente der zwei Kreise

$$1.\quad a = \frac{R + r}{2}, \qquad 2.\quad a' = \frac{R - r}{2}.$$

Die Stücke einer äussern, beziehungsweise innern gemeinsamen Tangente zwischen den Berührungspunkten messen

$$3.\quad t^2 = c^2 - (R - r)^2, \qquad 4.\quad t'^2 = c^2 - (R + r)^2.$$

Die Richtungssinus einer äussern, beziehungsweise innern gemeinsamen Tangente gegen die Zentrale betragen

$$5.\quad \sin\varphi = \frac{R - r}{c}, \qquad 6.\quad \sin\varphi' = \frac{R + r}{c}.$$

Für die auf die Potenzlinie der zwei Kreise fallende gemeinsame Sehne der Kreise hat man

$$7.\quad s^2 = \frac{[(R + c)^2 - r^2]\ [r^2 - (R - c)^2]}{c^2},$$

und für die Stücke der Potenzlinie, begrenzt von den zwei äussern, beziehungsweise den zwei innern gemeinsamen Tangenten der zwei Kreise

$$8.\quad u^2 = (R + r)^2\ \frac{c^2 - (R - r)^2}{c^2},$$

$$9.\quad u'^2 = (R - r)^2\ \frac{c^2 - (R + r)^2}{c^2},\quad \text{daher}$$

$$10.\quad \frac{u^2}{s^2} = \frac{(R + r)^2}{(R + r)^2 - c^2}, \qquad 11.\quad \frac{u'^2}{s^2} = \frac{(R - r)^2}{(R - r)^2 - c^2}.$$

Die Halbierungslinien der Winkel zwischen einer äussern und einer innern gemeinsamen Tangente gehen durch A, B und stehen aufeinander senkrecht, d. h.

12. Die vier Schnittpunkte der zwei äussern gemeinsamen Tangenten mit den zwei innern liegen auf dem Kreis mit dem Mittelpunkte M und dem Radius $\frac{c}{2}$.

Für den Abstand der Berührungspunkte einer äussern gemeinsamen Tangente von M hat man

$$R_1^2 = \left(\frac{R+r}{2}\right)^2 + \left(\frac{t}{2}\right)^2 = \frac{c^2 + 4Rr}{4},$$

und für den Abstand der Berührungspunkte einer innern gemeinsamen Tangente von M

$$r_1^2 = \left(\frac{R-r}{2}\right)^2 + \left(\frac{t'}{2}\right)^2 = \frac{c^2 - 4Rr}{4},$$

d. h. die vier Berührungspunkte der zwei äussern, beziehungsweise der zwei innern gemeinsamen Tangenten liegen auf zwei Kreisen mit dem Mittelpunkt M und den bezüglichen Radien

$$13.\quad R_1^2 = \frac{c^2 + 4Rr}{4}, \qquad 14.\quad r_1^2 = \frac{c^2 - 4Rr}{4},$$

so dass also noch ist

$$15.\quad R_1^2 + r_1^2 = \frac{c^2}{2}, \qquad 16.\quad R_1^2 - r_1^2 = 2Rr.$$

Die numerierten Formeln enthalten mancherlei Sätze; 1, 4, 6, 10 sagen:

Beschreibt man um jeden Brennpunkt A, B einer Ellipse einen Kreis, derart, dass die zwei Kreise sich immer auf der Ellipse schneiden, so umhüllen ihre äussern gemeinsamen Tangenten den Kreis über der grossen Achse der Ellipse als Durchmesser. Die innern gemeinsamen Tangenten der jeweiligen zwei Kreise sind imaginär; sie verschieben sich parallel und das Stück zwischen den Berührungspunkten behält konstante Länge. Das Verhältnis $\frac{u}{s}$ des von den äussern gemeinsamen Tangenten begrenzten Stückes der Potenzlinie zur gemeinsamen Sehne der zwei Kreise bleibt konstant: das bedeutet, dass die Ellipse zum Kreis über ihrer grossen Achse als Durchmesser orthogonal affin ist. Nimmt man umgekehrt an, der Kreis mit dem Radius $a = \frac{R+r}{2}$ und das Verhältnis $\frac{u}{s}$ sei gegeben, d. h. nimmt man zum Kreis die orthogonal affine Figur in bezug auf einen Durchmesser, so ist nach

Gleichung 10 die Grösse c bestimmt; die orthogonal affine Figur ist die Ellipse mit den Brennpunkten A, B, wobei $AB = c$. Ist u gewählt, so kennt man auch s und aus Gleichung 8 ergibt sich $R - r$, so dass auch die zugehörigen R, r bestimmt sind.

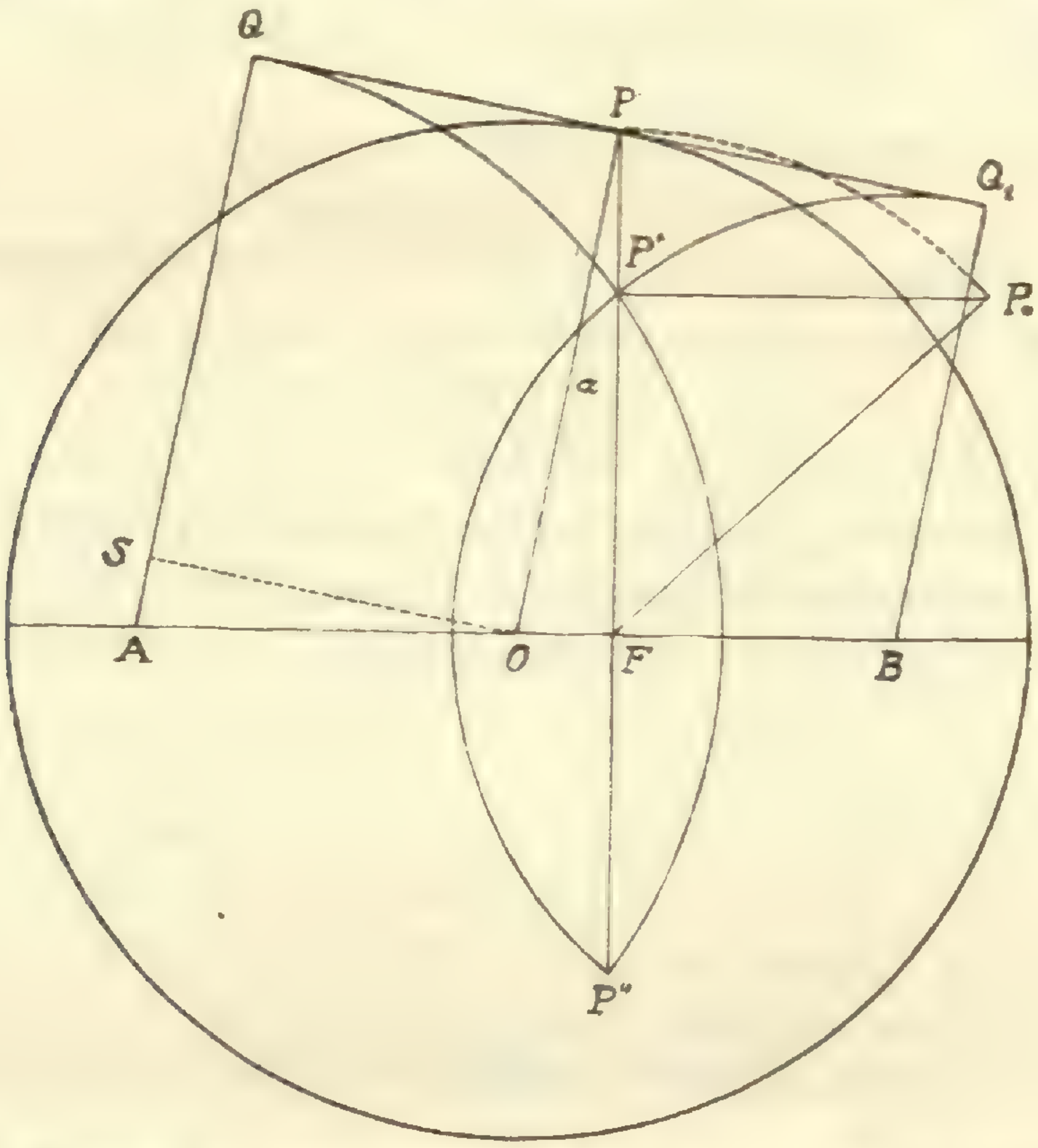


Fig. 1. Dass die orthogonal affine Figur zu einem Kreis eine Ellipse ist, lässt sich auch direkt beweisen. P' sei der entsprechende Punkt zu P, also $\frac{FP'}{FP} = \frac{s}{2} : \frac{u}{2}$ konstant. Man mache $\sphericalangle FP'P_0 = 90°$, $FP_0 = FP$, so bleibt auch $\frac{P'P_0}{FP_0} = \frac{P'P_0}{FP}$ konstant; man mache ferner auf der Kreistangente $PQ = PQ_1 = P'P_0$ und ziehe QA, Q_1B senkrecht QQ_1, so ist $\Delta\ OAS \sim OFP$ und daher

$$\frac{OA}{OP} = \frac{OS}{FP} = \frac{P'P_0}{FP_0} \text{ konstant.}$$

Also bleibt OA konstant, d. h. der Punkt A und damit auch der Punkt B bleibt fest. Aber die Kreise (A), Q und (B), Q_1 schneiden sich in P', weil $\overline{P'P_0}^2 = \overline{FP_0}^2 - \overline{P'F}^2$, oder $\overline{PQ_1}^2 = \overline{PQ}^2 = \overline{PF}^2 - \overline{P'F}^2 = (PF - P'F) \cdot (PF + P'F) = PP' . PP''$, und es ist $AP' + BP' = AQ + BQ_1 = 2OP = 2a$, d. h. der Ort der Punkte P', P'' ist eine Ellipse mit den Brennpunkten A, B. —

Die Formeln 2, 3, 5, 11 sagen:

Beschreibt man um jeden der zwei Brennpunkte A, B einer Hyperbel einen Kreis derart, dass die zwei Kreise sich immer auf der Hyperbel schneiden, so verschieben sich die äussern gemeinsamen Tangenten der zwei Kreise parallel (und senkrecht zu den Asymptoten) und die Strecke zwischen den Berührungspunkten behält konstante Länge. Die innern gemeinsamen Tangenten, die für Kreispaare, welche sich imaginär auf der Hyperbel schneiden, reell werden, umhüllen den Kreis über der Hauptachse der Hyperbel als Durchmesser. Das Verhältnis der von den innern gemeinsamen Tangenten auf der Potenzlinie der zwei Kreise begrenzten Strecke zur gemeinsamen Sehne der zwei Kreise bleibt konstant. Die Hyperbel ist orthogonal affin zum Kreis über der Hauptachse als Durchmesser, aber das konstante Verhältnis ist imaginär.

Ist $R - r$ und damit der Kreis über der Hauptachse und ist ferner $\frac{u'}{s}$ gegeben, so ist die Hyperbel bestimmt; die Gleichung 11 liefert c und wenn noch u' gewählt wird, so gibt die Gleichung 9 den Wert für $R + r$, womit dann auch R, r für den betreffenden Hyperbelpunkt sich ergeben. Nimmt man für das konstante imaginäre Verhältnis den Wert i oder $\frac{1}{i}$, so liefern die zum Achsendurchmesser senkrechten reellen Kreissehnen keine reellen Hyperbelpunkte, wohl aber die ausserhalb des Kreises liegenden imaginären Sehnen, indem sie mit i multipliziert werden. Die Konstruktion dieser reellen Punkte geschieht so, dass man vom Fusspunkt der Sehne auf der Achse die Tangenten an den Kreis legt und die Länge einer Tangente als reelle Ordinatenstrecke abträgt. Man erhält die gleichseitige Hyperbel. Ihre Punkte ergeben sich auch so, dass man die Berührungspunkte der zwei Tangenten mit den Durchmesserendpunkten auf der Achse verbindet und diese Linien bis zum Schnitt verlängert. Die projektivische Verallgemeinerung dieser Konstruktion auf einen Kegelschnitt und einen Durchmesser oder eine Sekante desselben wird Imaginärprojektion genannt.[1])

Ein Beispiel für die Entstehung eines Kegelschnittes durch das Imaginäre hindurch aus einem reellen Kegelschnitt bietet folgende

---

[1]) Lehrbuch der darstellenden Geometrie. Von Dr. Christian Wiener, Prof. an der polytechnischen Schule zu Karlsruhe. (Leipzig, B. G. Teubner 1884). Erster Band S. 315.

Aufgabe: Gegeben im Raum ein Kegelschnitt und eine Ebene E; gesucht der geometrische Ort eines Punktes von dem aus die Zentralprojektion des Kegelschnittes auf die Ebene ein Kreis ist. Die unendlich fernen imaginären Kreispunkte der Ebene E bestimmen, als Spitzen, mit dem gegebenen Kegelschnitt zwei Zylinder; die Restdurchdringung der zwei Zylinder ist der gesuchte Ort, also ein Kegelschnitt. Man findet ihn folgendermassen. Eine Parallelebene zur gegebenen Ebene schneidet den gegebenen Kegelschnitt in zwei Punkten A, B. Verbindet man sie mit den imaginären Kreispunkten, so sind die zweiten Schnittpunkte A', B' dieser Verbindungslinien zwei Punkte des gesuchten Ortes. Je nachdem die beiden Punkte A, B auf dem gegebenen Kegelschnitt reell oder imaginär sind, so werden die zwei Punkte A', B' des Ortes imaginär oder reell. Angenommen, die Punkte A, B seien imaginär, so multipliziere man die Strecke AB mit i, d. h. man führe eine Imaginärprojektion aus, so bilden die reell gewordenen Punkte A, B mit den Punkten A', B' in der Parallelebene die Ecken eines Quadrates. Man hat folgende Konstruktion: Zur Schnittlinie der Ebene E mit der Ebene des Kegelschnittes nimmt man den konjugiert gerichteten Durchmesser des Kegelschnittes. Wird er von irgend einer Parallelebene zu E in einem Punkte M geschnitten, so lege man von M Tangenten an den Kegelschnitt, verbinde die Berührungspunkte mit den Endpunkten des Durchmessers und verlängere die Linien bis zum Schnitt in A, B. Dann drehe man die Strecke AB um ihre Mitte M parallel zur Ebene E um einen Winkel von 90°; der Ort der Endpunkte dieser gedrehten Strecken ist der gesuchte Kegelschnitt.

Die Aufgabe kann dadurch erweitert werden, dass man die imaginären Kreispunkte durch zwei beliebige Punkte im Raum ersetzt und dann nach den Spitzen solcher Kegel frägt, die einen gegebenen Kegelschnitt enthalten und durch die zwei Punkte hindurchgehen. Dual kann man eine Kegelfläche zweiten Grades und zwei Ebenen im Raum geben und dann nach der Enveloppe einer dritten Ebene fragen, die aus der Kegelfläche einen Kegelschnitt herausschneidet, der die zwei Ebenen berührt. Die Enveloppe ist eine Kegelfläche zweiter Klasse, die mit der gegebenen Kegelfläche zwei Tangentialebenen gemein hat. —

Die mit 13 und 14 numerierten Formeln enthalten, projektivisch und auch dual gedeutet, die letzten Sätze von Abschnitt 1 und 2

des § 11, Seite 478 und 479 von Jakob Steiners Ges. Werken, zweiter Band.

Berücksichtigt man, dass die zwei Tangenten in einem Schnittpunkt von zwei Kreisen mit den Radien gleiche Winkel bilden, so berühren die zwei Tangenten einen Kegelschnitt, der die Kreismittelpunkte zu Brennpunkten hat. Projektivisch und auch dual gedeutet, entstehen daraus die ersten Sätze der beiden erwähnten Abschnitte. Die mittleren Sätze kann man aus Symmetriegründen der Figur der zwei Kreise entnehmen. Einen weiteren Satz gibt Nr. 12.

Wenn man in den Formeln 13 und 14 dem Produkt Rr einen konstanten Wert beilegt, so geben sie eine Eigenschaft der Lemniskate: Legt man bei einer Lemniskate um jeden der beiden Brennpunkte A, B, als Mittelpunkte, einen Kreis, so dass sie sich auf der Lemniskate schneiden, und zieht man die jeweiligen äussern und innern gemeinsamen Tangenten der zwei Kreise, so liegen die Berührungspunkte auf zwei festen konzentrischen Kreisen und die Tangenten selber umhüllen zwei Kegelschnitte mit den Brennpunkten A, B.

Wenn eine Gerade sich so bewegt, dass das Produkt ihrer senkrechten Abstände von zwei festen Punkten A, B, den Brennpunkten des umhüllten Kegelschnittes, konstant bleibt, so gibt es zwei andere feste Punkte, A', B', für welche die Summe der Quadrate der senkrechten Abstände von der beweglichen Geraden konstant bleibt. Diese ausgezeichneten Punkte A', B' bilden die Gegenecken eines Quadrates, für welches A, B die andern Gegenecken sind. Angenommen nämlich, die Lote von A, B auf die Gerade seien R, r und die Lote von A', B' auf die gleiche Gerade seien R', r', so bilden die Projektionen der zwei Diagonalen AB, $A'B'$ die Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks mit der Hypothenuse c. Also

$(R - r)^2 + (R' - r')^2 = c^2$; aber wegen der gemeinsamen Mitte von A, B und A', B' $R + r = R' + r'$.

Indem man die zweite Gleichung quadriert und die erste von ihr subtrahiert, entsteht

$$4Rr = 2(R'^2 + r'^2) - c^2, \text{ d. h.:}$$

Wird eine Gerade so bewegt, dass die Summe der Quadrate ihrer senkrechten Abstände von zwei festen Punkten A', B' konstant bleibt, so umhüllt die Gerade einen Kegelschnitt mit den Brennpunkten A, B, so dass $A'B'$ und AB die Diagonalen eines Quadrates sind. Der Kegelschnitt ist Ellipse oder Hyperbel, je nachdem $2(R'^2 + r'^2) \gtrless c^2$ ist.

Die eben angegebene Enveloppe tritt auf, wenn man um die Mitte M von $A'B'$ als Mittelpunkt einen Kreis legt und dann um A', B', als Mittelpunkte, Kreise wählt, die sich auf dem gewählten Kreis schneiden. Die gemeinsamen Tangenten der Kreispaare bilden die Enveloppe. Der Ort der Berührungspunkte sind die Fusspunktskurven der Punkte A', B' in bezug auf die Enveloppe, deren Brennpunkte A, B sind. Ist nämlich P der Schnittpunkt des festen Kreises mit den Kreisen eines Paares, deren Radien R', r' sind, so ist bekanntlich

$$R'^2 + r'^2 = 2\,\overline{MP}^2 + 2\left(\frac{c}{2}\right)^2, \text{ konstant.}$$

Ein anderes Beispiel für eine solche Enveloppe tritt auf, wenn zwei feste Kreise gegeben sind, und eine Gerade sich so bewegen soll, dass die Summe der Quadrate der aus den zwei Kreisen herausgeschnittenen Sehnen konstant sein soll. Ist die konstante Summe gleich null, so gehören die vier gemeinsamen Tangenten der zwei Kreise der entsprechenden Enveloppe an, ferner die zwei zur Zentralen senkrechten Sehnen, welche Durchmesser von Kreisen sind, die den andern Kreis orthogonal schneiden; die Brennpunkte der Enveloppe bilden mit den Kreismittelpunkten als Gegenecken ein Quadrat. Ist die konstante Summe k, und sind die Radien der zwei Kreise um A', B' gleich ϱ, ϱ', so hat man für die Lote R', r' von A', B' auf eine gesuchte Gerade

$$R'^2 + r'^2 = \varrho^2 + \varrho'^2 - \frac{k}{4};$$

ist umgekehrt die Ellipse und damit $R'^2 + r'^2$ gewählt, und ist auch $\varrho^2 + \varrho'^2$ gewählt, so ist k bestimmt, d. h.:

Legt man bei einer Ellipse um die Punkte A', B' irgend zwei Kreise, die sich aber auf einem zur Ellipse konzentrischen festen Kreise schneiden, so schneidet irgend eine Tangente der Ellipse die zwei Kreise in Sehnen, für welche die Summe der Quadrate konstant ist.

Hat man drei Punkte A', B', C', so kann nach der Enveloppe einer Geraden gefragt werden, so dass die Summe der Quadrate der senkrechten Abstände der Punkte A', B', C' von der beweglichen Geraden konstant ist, gleich k. Diese Enveloppe ist wieder ein Kegelschnitt; denn durch jeden der drei Punkte A', B', C' gehen zwei Lagen der Geraden, nämlich die Tangenten an den Kegelschnitt, den die zwei andern Punkte und die Konstante k bestimmen. Die Berührungspunkte dieser Geraden mit den Kegelschnitten müssen zugleich die Berührungspunkte mit dem

Ort sein. Daher gehen die Geraden von A', B', C' nach den Mitten der Berührungssehnen jener Tangentenpaare durch die Mitten der Seiten des Dreieckes $A'B'C'$. Also ist sein Schwerpunkt der Mittelpunkt des gesuchten Kegelschnittes und dieser Kegelschnitt berührt jeden der drei Kegelschnitte doppelt, die zu je zwei von den drei Punkten und k gehören. Analog für vier Punkte A', B', C', D' u. s. f. —

Nachdem von der Enveloppe einer Geraden die Rede war, für welche die Summe der Quadrate der Abstände von zwei festen Punkten konstant war, so kann nach der Enveloppe einer Geraden gefragt werden, für welche die Differenz der Quadrate der senkrechten Abstände von zwei festen Punkten konstant bleibt. Angenommen die letztern seien mit A, B bezeichnet und die Lote von ihnen auf eine gesuchte Gerade seien R, r, so dass $R^2 - r^2 = k$ konstant bleibt. Dann schneiden sich die Kreise mit den Mittelpunkten A, B und den bezüglichen Radien R, r in einem Punkt P so, dass $\overline{AP}^2 - \overline{BP}^2 = k$ ist. Der Ort von P ist daher eine Gerade, die auf AB senkrecht steht; sie ist die Potenzlinie der zwei Kreise und schneidet eine gemeinsame Tangente in der Mitte N der Berührungspunkte, woraus folgt, dass MN auf der Tangente senkrecht steht, d. h.:

Die Enveloppe einer Geraden, für welche die Differenz der Quadrate der senkrechten Abstände von zwei festen Punkten A, B konstant bleibt, ist eine Parabel, welche die Mitte M von AB zum Brennpunkt hat und deren Scheiteltangente auf AB in dem Punkte F senkrecht steht, für den $\overline{AF}^2 - \overline{BF}^2 = k$ ist.

Anders gesagt:

Hat man zwei feste Punkte A, B und eine auf AB senkrechte Gerade und legt man um A, B als Mittelpunkte je einen Kreis, derart, dass jene senkrechte Gerade die Potenzlinie jedes Kreispaares ist, so sind alle Gruppen der gemeinsamen Tangenten jedes Kreispaares zugleich Tangenten einer und derselben Parabel.[1]) Die Berührungspunkte jeder Tangentengruppe mit den Kreisen des zugehörigen Kreispaares bilden die Fusspunktskurven der Punkte A, B in bezug auf die Parabel und die 4, nicht auf AB gelegenen Schnittpunkte einer jeden Tangentengruppe, liegen, wie schon früher gesehen, auf dem Kreis über AB als Durchmesser. Wählt

---

[1]) Für ein Kreispaar projektivisch verallgemeinert, liegt hierin wieder einer der Steinerschen Sätze auf S. 478, Abschn. 2, zweiter Band Ges. Werke.

man auf der Achse einer Parabel zwei, zum Brennpunkt symmetrisch gelegene Punkte A, B und fällt von ihnen die Lote auf irgend eine Tangente der Parabel, so bleibt die Differenz der Quadrate der Lote konstant.

Man könnte die Sätze auch auf andere Art finden. —

Zu derselben Enveloppe führt folgende Aufgabe: Gegeben zwei Kreise; gesucht alle Geraden, die aus den zwei Kreisen gleich lange Sehnen herausschneiden. Sind wieder R, r die Lote von den Mittelpunkten der zwei Kreise auf eine gesuchte Gerade, und sind ϱ, ϱ' die Radien der zwei Kreise, so muss sein

$$R^2 - r^2 = \varrho^2 - \varrho'^2, \text{ d. h.:}$$

Irgend eine Tangente der oben aufgetretenen Parabel schneidet die beiden Kreise irgend eines der Kreispaare in gleich langen Sehnen.

Hat man drei Kreise, so bestimmt jede ihrer drei Potenzlinien als Scheiteltangente mit der Mitte der Zentralen als Brennpunkt eine Parabel, welche die vier gemeinsamen Tangenten der zugehörigen zwei Kreise berührt. Die Leitlinien der drei Parabeln gehen durch einen Punkt und die drei Parabeln haben drei gemeinsame Tangenten, von denen jede alle drei Kreise in gleichlangen Sehnen schneidet. —

Eine etwas allgemeinere Aufgabe ist die folgende:

Gegeben zwei Kreise; gesucht die Enveloppe einer Geraden, die aus den Kreisen zwei Sehnen herausschneidet, für welche die Differenz der Quadrate konstant ist. Sind wieder R, r die Abstände der Kreismittelpunkte A, B von einer gesuchten Geraden und sind die Radien der zwei Kreise ϱ, ϱ', so muss sein

$$R^2 - r^2 = \varrho^2 - \varrho'^2 - \frac{k}{4};$$

dabei bedeutet k die konstante Differenz der Sehnenquadrate, d. h.:

Die Enveloppe der Geraden ist die Parabel, deren Brennpunkt die Mitte von AB ist und deren Scheiteltangente auf AB in dem Punkte F senkrecht steht, für den $\overline{AF}^2 - \overline{BF}^2 = \varrho^2 - \varrho'^2 - \frac{k}{4}$ ist.

Denkt man sich umgekehrt die Parabel und auf ihrer Achse zwei zum Brennpunkt M symmetrische Punkte A, B gewählt, ferner $\varrho^2 - \varrho'^2$ ebenfalls gewählt, so ist k bestimmt, d. h.:

Legt man um A, B als Mittelpunkte irgend zwei Kreise, deren Potenzlinie eine feste Parallele zur

Scheiteltangente der Parabel ist, so schneidet irgend eine Tangente der Parabel die zwei Kreise in zwei Sehnen, für welche die Differenz der Quadrate konstant ist. —

Zum Schluss sollen noch einige Steinersche Sätze bewiesen werden, die sich auf die Brennpunkte der Kegelschnitte einer Schar beziehen. Angenommen, zwei Tangenten einer Parabel, mit dem Brennpunkt c, mögen die Berührungspunkte p, q haben und sich im Punkte a schneiden. Dann ist bekanntlich

$$ca = \sqrt{cp.\ cq.}$$

Haben zwei andere Tangenten die Berührungspunkte r, s und den Schnittpunkt α so ist ebenso

$$c\alpha = \sqrt{cr.\ cs.} \qquad \text{Also}$$

$$ca.\ c\alpha = \sqrt{cp.\ cq.\ cr.\ cs.}$$

Nun bilden die vier Tangenten ein vollständiges Vierseit, für welches a, α zwei Gegenecken sind; für die andern Gegeneckenpaare b, β und d, δ gilt dieselbe Relation

$$\sqrt{cp.\ cq.\ cr.\ cs} = ca.\ c\alpha = cb.\ c\beta = cd.\ c\delta.$$

Die vier Tangenten bestimmen eine Schar von Kegelschnitten. Über ihre Brennpunkte sei folgendes bemerkt: Dieselben treten, entsprechend den einzelnen Kegelschnitten, paarweise auf. Auch die Gegeneckenpaare a, α und b, β und d, δ sind Brennpunktspaare. Man findet weitere Paare, indem man irgend einen Kegelschnitt mit einem Paar als Brennpunkten legt und dann von einem andern Punktepaar Tangenten an denselben zieht, oder indem man zu zwei Kegelschnitten, die irgend zwei Paare zu Brennpunkten haben, die gemeinsamen Tangenten legt; in beiden Fällen sind die gegenüberliegenden Schnittpunkte der Tangenten wieder Brennpunktspaare.

Denkt man sich eine andere Parabel mit den gleichen Brennpunkten c, γ_∞, wo γ_∞ im Unendlichen liegt, und von a, α an die neue Parabel Tangenten gezogen, so bilden die gegenüberliegenden Schnittpunkte neue Brennpunktspaare b_1, β_1 und d_1, δ_1. Es muss sein wie vorher

$$ca.\ c\alpha = cb_1.\ c\beta_1 = cd_1.\ c\delta_1$$

und wenn man von b_1, β_1 an die frühere Parabal Tangenten legt und die Berührungspunkte p_1, q_1, r_1, s_1 nennt

$$ca.\ c\alpha = \sqrt{cp.\ cq.\ cr.\ cs} = \sqrt{cp_1.\ cq_1.\ cr_1.\ cs_1}.$$

Das ist Satz 5, S. 433, Bd. 2, Ges. Werke. Die Sätze 4, a) b) c) d) S. 428, Bd. 2 enthalten andere Ausdrucksarten. Es bleibt noch Satz 6

Seite 434 zu beweisen. Man kann c, γ, (wo γ jetzt nicht mehr im Unendlichen liegt), als Brennpunkte eines Kegelschnittes betrachten, der dem Vierseit mit den Gegenecken a, α und b, β eingeschrieben ist; verbindet man c, γ mit a, α, und b, β, so entstehen bekanntlich bei diesen Punkten je zwei gleiche Winkel. Bezeichnet man sie mit A, A', B, B', so hat man

$$\frac{a\,c}{b\,c} = \frac{\sin B}{\sin A}, \quad \frac{\alpha\,c}{\beta\,c} = \frac{\sin B'}{\sin A'},$$

$$\frac{a\,c}{b\,c} \cdot \frac{\alpha\,c}{\beta\,c} = \frac{\sin B}{\sin A} \cdot \frac{\sin B'}{\sin A'}. \quad \text{Ebenso}$$

$$\frac{a\,\gamma}{b\,\gamma} \cdot \frac{\alpha\,\gamma}{\beta\,\gamma} = \frac{\sin B'}{\sin A} \cdot \frac{\sin B}{\sin A'}, \quad \text{also}$$

$$\frac{a\,c}{b\,c} \cdot \frac{\alpha\,c}{\beta\,c} = \frac{a\,\gamma}{b\,\gamma} \cdot \frac{\alpha\,\gamma}{\beta\,\gamma}, \quad \text{w. z. z. w. —}$$

Ursprung und Wesen des Sexuallebens namentlich des Generationswechsels.

Vortrag

von

Dr. med. J. Rutgers

am 8. März 1920

in der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.

(Als Manuskript eingegangen am 28. Mai 1920).

Der Ursprung unserer verschiedenen Körperorgane ist darauf zurückzuführen, dass sie im Kampf ums Dasein einen gewissen Vorsprung verbürgten den primitiven, einzelligen Organismen gegenüber, die noch gar nicht differenziert waren.

So wird gewöhnlich auch ohne weiteres angenommen, die Sexualorgane hätten sich entwickelt, weil sie zur Fortpflanzung und Anzahlvermehrung dienten. Diese letztere Meinung wird aber sofort hinfällig, sobald wir bedenken, dass anfangs, als es noch keine Sexualität gab, Fortpflanzung und Anzahlvermehrung schon ebensogut, ja sogar viel erfolgreicher von statten ging, wie später, als diese Funktion mehr speziell den Sexualorganen vorbehalten war.

Noch komplizierter wird das Problem, wenn wir uns vergegenwärtigen, dass es sich bei der Sexualfunktion nicht bloss um ein paar Organe mehr oder weniger handelt, sondern um ein Abgestossenwerden von Einzelzellen, was dem gewöhnlichen, vegetativen Wachstum gegenüber eine höchst spezifische Wachstumsmodifikation darstellt. Es fragt sich also, was mag damals die Veranlassung gewesen sein zum ersten Auftreten dieser eingreifenden Wachstumsmodifikation? Und wie ist es denn schliesslich sogar so weit gekommen, dass bei den höheren pflanzlichen und tierischen Organismen, die ursprünglich nur vegetative Reproduktion fast gänzlich von der sexuellen Reproduktion verdrängt worden ist?

Um dieses Problem zu lösen, muss ich zu allererst auf zwei der wichtigsten Wendepunkte in der Entwicklungsgeschichte besonders hinweisen, die bis jetzt, meine ich, noch nicht genügend betont worden sind. Ich möchte dartun: 1. wie das vegetative Wachstum von Tieren und Pflanzen sich anfangs modifiziert hat, als die Lebens-

bedingungen auf Erden sich allmählich verbesserten, und 2. wie die Wachstumserscheinungen sich modifiziert haben jedesmal, wenn ein Zustand innerer Erschöpfung einzutreten drohte.

Wir wollen zu diesem Zweck uns in die primitivsten Perioden der organischen Entwicklungsgeschichte ein wenig hineinleben.

Die ersten, primitivsten Tier- und Pflanzenformen, in Wasser und Feuchtigkeit lebend, waren einzellige Organismen, wie auch jetzt noch die primitivsten, einzelligen Organismen, z. B. die Bakterien, die Hefezellen, viele Algen, Amoeben usw. noch immer in zahllosen Mengen vorherrschen.

Sie wuchsen durch Aufnahme von Nahrungsstoffen, und wenn schliesslich so eine Zelle zu gross und zu mächtig wurde, um sich auch weiter noch im Zellverband zusammenzuhalten, dann reorganisierte sie sich und teilte sich dann weiter zu zwei neuen Individuen; eine Anzahlvermehrung also noch ganz im Rahmen des gewöhnlichen vegetativen Wachstums, und die, wenn die Perioden kurz ausfielen, gewiss sehr riesig sein konnte, wenn auch ohne Sexualität.

Man denke sich einmal: wenn alle Lebensbedingungen optimale sind, kann der Heubazillus seine Zahl jede halbe Stunde verdoppeln, der Cholerabazillus jede zwanzig Minuten, und die Amoebe kann es sogar jede 10 à 20 Minuten. Das sind ganz andere Zahlen als wenn uns in der menschlichen Nationalökonomie eine Anzahlverdoppelung innerhalb 25 Jahren schon eine sehr rasche Vermehrung dünkt.

Und doch existierte damals noch nichts sexuelles; wie auch jetzt noch bis auf den heutigen Tag die niedrigsten einzelligen Organismen asexuell sind.

Sie waren aber deshalb nicht weniger glücklich! In jenem primitiven einzelligen Stadium behauptete jede dieser Zellen ja noch ihr ganzes Leben lang ihre volle Individualität, ohne von andern Zellen abhängig zu sein. Gingen durch Mangel an gegenseitiger Stütze auch fortwährend zahllose Individuen zu Grunde, ein grosser Vorteil dieses absoluten Individualismus war, dass auch bei dem beschränktesten Nahrungsvorrat, es fast immer hie und da noch wohl einige Zellen gab, die etwas fanden, um ihr winziges Leben zu fristen: wodurch dann die Fortexistenz der Gattung doch schon einigermassen verbürgt war.

Wie wir beim Studium der menschlichen Entwicklungsgeschichte nur allzuleicht geneigt sind, die primitiven Naturzustände zu idealisieren, so hätten wir wirklich Grund, uns für diese, damals schon so reiche, nur schweigende organische Urwelt zu begeistern, wegen

der absoluten Freiheit eines jeden Individuums, noch immer ohne Leid und Leidenschaft!

Gerade durch ihre riesige Wachstumsenergie, ihre zahllose Menge, ihre einfache, frugale Lebensweise und ihre fast unbegrenzte Widerstandsfähigkeit, haben diese einzelligen Organismen sich den späteren, höheren Tier- und Pflanzenformen gegenüber, auch jetzt noch immer als die unverwüstlichsten bewährt. Ja sogar alle unsere späteren, komplizierteren Organismen, wie überlegen auch durch ihre höhere Differenzierung und ihre Verfeinerung, inklusive der Mensch, wir stehen oft wehrlos diesen kleinen Eindringlingen gegenüber, denen wir zuletzt alle einmal zum Opfer fallen müssen; es sei denn, dass die Feuerbestattung schliesslich die Eindringlinge zugleich mit dem Opfer verzehre!

Unsere ganze moderne Hygiene bezweckt denn auch nicht Begnadigung, sondern nur Aufschub der Exekution.

Diese primitive Einfalt hat sich aber im Laufe der Zeiten wohl hie und da zu einem gewissen Luxus emporgearbeitet, wodurch es dann für die neu sich teilenden Zellen weniger notwendig wurde, sich immer von einander los zu trennen.[1])

Als nämlich die organische Welt schon längere Zeit existiert hatte, und hie und da grössere Mengen organischer Abfallstoffe sich angehäuft hatten, muss es sich öfters ereignet haben, dass irgendwo ein fruchtbarer Nährboden sich anhäufte, ein Dünger, wodurch dann die Pflanzenwelt, und dadurch sekundär auch die Tierwelt weit üppiger wie zuvor sich entwickeln konnte. Wo dies zutraf, da brauchten die neugebildeten Zellen sich gar nicht mehr von einander zu entfernen und sich zu zerstreuen, um Nahrung zu bekommen, sondern sie konnten sich gemütlich zusammentun und einander schützen, um den Kampf ums Dasein zusammen leichter zu bestehen. So entstanden neben den

---

[1]) Wie sehr das vegetative Wachstum in seiner Verzweigung oder seinem Zusammenhang, von der Üppigkeit oder Kargheit der Nährverhältnisse beherrscht wird, sehen wir auch jetzt noch einigermassen bei der eigentümlichen Wachstumsmodifikation, die sich bei üppigem Züchten von Blumenkohl immer vorfindet, und die darin besteht, dass die Zweiglein die sich sonst gesondert entwickeln, jetzt von Anfang an zusammenwachsen, eine parallele Verwachsung, die sonst nur gelegentlich als pathologische Erscheinung vorkommt, wie beim Fraxinus, Taraxacum usw.; während hingegen viele Wüstenpflanzen in ihrer notdürftigen Existenz es öfters anstatt zur Knospenbildung nur zur Dornenbildung bringen können. Bildungen also die möglichst weit von einander entfernt bleiben. Sobald aber der Blumenkohl karg gezüchtet wird, und viele Dornsträucher üppig, dann wird auch der Wachstumsmodus umgeändert, wie es bei unseren gewöhnlichen Pflanzen bei mittlerer Wohlfahrt der Fall ist.

einzelligen Organismen erst Kolonien gleichberechtigter Individuen, dann auch Kolonien mit einer immer vollkommeneren Arbeitsteilung, und ist es schliesslich sogar zu einer Wachstumsmodifikation gekommen, wobei die neugebildeten Zellen von vornherein im organischen Zusammenhang miteinander verbunden blieben. So entstanden mehrzellige Organismen, pflanzliche sowohl wie tierische.

Dies war allerdings nur da möglich, wo ein Überfluss an Nährmaterial vorlag.

Diese Wachstumsmodifikation, die Bildung von mehrzelligen Organismen, bedeutete damals eine neue Ära in der organischen Welt, mit Entwicklungsmöglichkeiten, die man bis jetzt nicht hatte ahnen können.

Aus den einzelligen grünen Algen entwickelten sich grüne Algenfaden, die bei günstigen Nährverhältnissen sich immermehr verlängern oder auch wohl sich verzweigen konnten. Daneben bildeten sich parasitisch farblose Schimmelfaden, wie wenn sie gradlinig von den farblosen Bakterien herstammten. Ganz zu schweigen von den mehrzelligen tierischen Organismen, die jetzt überflüssiges Pflanzenmaterial zur Nahrung vorfanden, und also auch immer grössere Dimensionen annehmen konnten.

Wer weiss, wie lange die Zeit wohl mag gewesen sein, da niedere Algen und Fungi die höchsten Vertreter der Pflanzenwelt waren, und mit ihren vielfach verschiedenen, zierlich in Wasser und Feuchtigkeit schwimmenden Formen, die ganze Erde schon in allen ihren Schlupfwinkeln überdeckten! Speziell mahnt uns eine Bemerkung Morgans, wo er die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft behandelt, uns diese Periode gar nicht zu kurz zu denken. In einer primitiven Periode sagt er, schreitet die Entwicklung nur langsam vorwärts, und wir müssen uns also die Entwicklungsperioden desto länger denken, in je primitivere Perioden wir uns zurückversetzen. Wo irgend, dann trifft dies wohl hier zu.

Inzwischen behauptete jede der zusammen verbundenen Zellen doch immer noch wohl soviel von ihrer primitiven Individualität, dass bei jeder mechanischen Zerstückelung des Gesamtorganismus, jedes Stück, sei es auch nur eine einzige Zelle, sofort wieder ihre eigene Existenz und ihr vegetatives Wachstum für sich allein weiter führen konnte. Es war also auch jetzt noch die Anzahlvermehrung eine riesige; wiewohl immer noch ungeschlechtlich.

Als Antistrophe kommen wir jetzt zur zweiten Wachstumsmodifikation, eine Modifikation wie sie durch Erschöpfungszustände her-

vorgerufen werden kann; denn auch ein Zustand innerer Erschöpfung kann ja nicht immer ausbleiben.

Zwar ist es bei niederen Organismen experimentell nachgewiesen worden, dass sie unter optimalen Bedingungen sich fast bis ins Unendliche durch vegetative Zellteilung fortpflanzen können, immer sich teilend, ohne dass Erschöpfungserscheinungen auftreten. In der wildwachsenden Natur gibt es aber nicht immer ununterbrochen optimale Bedingungen; und so kann es bei den ewig sich wiederholenden Zellteilungen nur zu leicht geschehen, dass nach der Zellteilung die beiden neugebildeten Zellanlagen nicht immer über eine genügende Nahrungsmenge verfügen, um sich wieder zu ebenso tüchtigen, erwachsenen Zellen zu entwickeln, wie ihre Vorgänger. Die Organismen müssen dann schliesslich doch in einen Zustand innerer Erschöpfung geraten.

Namentlich bei den mehrzelligen Organismen wird dieses Missverhältnis jedesmal eintreten, sobald sie beim immer weiter wachsen, der Grenze ihrer Existenzmöglichkeit zu nahe anstreben, z. B. wenn Wasserpflanzen zuletzt ans Ufer wachsen. Weiter können auch ungünstige äussere Umstände sehr leicht das Eintreten so eines Erschöpfungszustandes beschleunigen; wie leicht kann z. B. bei einem so üppigem Wachstum dieser mehrzelligen Organismen der Nährboden erschöpft werden!

In allen diesen Fällen tritt der ursprüngliche Zustand der kargen Ernährung wieder ein, wobei, wie in der Urzeit, die Bildung mehrzelliger Organismen eine Unmöglichkeit ist.

Damals, bei den einzelligen Organismen bedeutete die Erschöpfung einer Zelle in den häufigsten Fällen auch schon bald den Untergang dieser einzelnen Zelle, weil sie ja keinen Hinterhalt an andern Zellen hatte. Bei den mehrzelligen Organismen aber wird es sich, wenn Erschöpfungsursachen auftraten, schon öfters ereignet haben, dass zwar der normale vegetative Wachstumsprozess nicht genügend mehr stattfinden konnte, dass aber in den schon vorhandenen Zellen noch ein Übermass von Wachstumsenergie vorlag, die sich jetzt nur in abnormaler Weise äussern konnte.

Wenn unsere Hypothese stimmt, dass damals die üppigen Nahrungsverhältnisse Ursache des Auftretens von mehrzelligen Organismen waren, dann kann es uns auch nicht Wunder nehmen, dass späterhin auch wiederum umgekehrt, Erschöpfungszustände das Auftreten einzelliger Organismen veranlasst haben: und das sind dann diejenigen einzelligen Organismen, die wir Fortpflanzungszellen nennen!

Wir wollen aber nicht den spekulativen Weg verfolgen, sondern nur ganz objektiv nachschauen, was wir in Wirklichkeit beobachten.

Wo dergleichen Erschöpfungszustände auftreten, verspüren wir auch jetzt noch sehr oft eine Wachstumsmodifikation, die sich mikroskopisch schon von vornherein in eine Abnormität der Kernteilung dokumentiert, und dann erfolgt wirklich die Bildung von Sporen, als eine Art sehr primitiver einzelliger Organismen.

So wird dann jedesmal, wenn bei mehrzelligen Organismen Sporenbildung eintritt, wie eine Art Atavismus, das ursprüngliche einzellige Stadium, sei es auch nur für einen Augenblick, wieder hervorgerufen.

Wir sehen diese Neigung zur Sporenbildung immer da auftreten, wo das vegetative Wachstum zwar anfangs in einem guten Nährboden ein gehöriges Übermass an Energie gewonnen hat, dann aber schliesslich die Grenze der Feuchtigkeit und der Nahrung, ja überhaupt die Grenze ihrer Existenzmöglichkeit erreicht, übermütig der Athmosphäre von Licht und Luft zustrebend.

So sehen wir beim gewöhnlichen blaugrünen Schimmel (Penicillium glaucum) das äussere Ende der Faden die aus der Flüssigkeit emporwachsen, einfach in ihre einzelnen Zellen auseinanderfallen. Aber noch viel grossartiger vollzieht sich diese Sporenbildung überall da, wo sich an der Grenze der Wachstumsmöglichkeit allerhand grössere oder kleinere Geschwülste bilden, deren zahllose Zellen dann bald als mikroskopische Zellen auseinanderfallen. So bilden sich z. B. beim gewöhnlichen weissen Schimmel (Mucor mucedo) am Ende der weissen Schimmelfaden, wo diese aus der Feuchtigkeitsoberfläche hervorragen, ganz kleine, weisse Kügelchen, deren Zellen sich als Sporen loslösen. Bei andern Schimmelarten entwickeln sich an der nämlichen Stelle die viel grösseren Kugeln der Staubschwämme, die bald eintrocknen, oben sich öffnen und dann zerstäuben; und bei noch andern Schimmelarten bilden sich ebendaselbst die gewöhnlichen Pilze, gestielte Tumoren, die bald von unten sich öffnen und dann schleimig zerfallen.

Diese zahllosen winzigen Sporen werden dann leicht vom Wind und vom Wasser weit weg verschleppt. Viele kommen dadurch ausserhalb dem Bereich des erschöpfenden Einflusses, der die erste Veranlassung zur abnormalen Bildung war, und können dann hier unter günstigeren Lebensbedingungen wieder ruhig und üppig weiter wachsen, oft in einem weiten Kreis rings um den ursprünglichen Ausgangspunkt angeordnet. Nicht die Anzahlvermehrung scheint hierbei die Hauptsache zu sein, denn die meisten Sporen gehen ja rettungslos zu Grunde, sondern es gilt hier eine Anpassung an die ökonomischen Verhältnisse. Es ist aber noch keine Wiedergeburt, sondern nur ein Auswandern im grossen Stiel!

So eine Sporenbildung ist also noch nicht das, was wir geschlechtliche Fortpflanzung nennen. Eine Spore ist eine durchaus winzige und primitive Zellform; und die Sporenbildung findet sich denn auch nur bei den primitiveren Pflanzenformen, und im Tierreich nur bei den Sporozoën. Demgegenüber steht aber folgender Vorteil: jede Spore, wie winzig auch, ist doch, wenn sie später in günstigere Lebensverhältnisse kommt, noch fähig — wie in der Urzeit die Einzelzellen — auch ohne Zusammenschmelzung, ihre vegetative Existenz weiter zu führen, sich nährend, sich teilend, und wieder ad infinitum weiter wachsend, als ob nichts geschehen wäre.

Es tritt also bei der Sporenbildung der Atavismus noch ziemlich rein zu Tage, weil die sich loslösenden Zellen wirklich noch die ursprüngliche Einfalt der primitiven, einzelligen Organismen unversehrt bewahrt haben, und also in sich selbst noch die Kraft besitzen, sich wie ursprünglich wieder empor zu arbeiten.

Schlimmer aber lag der Fall später in der Evolutionsgeschichte, als die üppigen Lebensbedingungen, deren die vielzelligen Organismen sich freuten, schon länger eingewirkt hatten und die Organismen schon zu einer höheren Entwicklung gekommen waren. Da waren durch ihre höhere Differenzierung alle Zellen schon zu weit von der ursprünglichen Einfalt abgewichen, um, wenn auch sie als einzellige Organismen abgestossen wurden, sich aus eigener Kraft behaupten zu können.

Bei den höheren Pflanzen- und Tiergattungen findet sich denn auch keine Sporenbildung mehr, sondern es wurden jetzt in den nämlichen Fällen, in denen bei den niederen Gattungen Sporenbildung auftritt, nur Zellen abgestossen, denen gar nicht mehr die Kraft innewohnte[1]) ihre eigene Existenz weiter zu führen; die aber noch gerettet werden konnten, wenn sie mit einer anderen ebensowenig lebensfähigen Zelle zusammenschmolzen, wodurch dann diese zwei miteinander ergänzen konnten, was ihnen sonst wegen Erschöpfung mangelte.

Vorbedingung dieses Zusammenschmelzens war allerdings, dass die loszulösenden Zellen nicht, wie bei der Sporenbildung, erst im reifen Alter, aber dass sie im möglichst jugendlichen Zustand, so lange der Zellinhalt noch halb flüssig war, abgestossen wurden; also wie bei den ursprünglichen einzelligen Organismen, sofort bei der Zell-

[1]) Ohne Zusammenschmelzung können Pollenzellen und Spermazellen niemals weiter leben und weiter wachsen; Eizellen nur in einigen seltenen Fällen (Parthenogenesis).

teilung. In dieser Hinsicht tritt der Atavismus hier deutlicher wie bei der Sporenbildung hervor.

Schliesslich war in diesem Fall die Errungenschaft auch noch eine viel höhere. Die Sporenbildung war ja nur eine Art Auswanderung im trockenen Ruhezustande, die Zusammenschmelzung zweier Zellen hingegen ist erst recht eine wesentliche Krafterneuerung. Es ist denn auch erst diese Verknüpfung des frühzeitig Freiwerdens und des Zusammenschmelzens, dem wir den Namen geschlechtlicher Fortpflanzung beilegen.

Mikroskopisch dokumentiert sich diese Wachstumsmodifikation erst durch das Auftreten der sogenannten Reduktionsteilung.[1]) Bei der gewöhnlichen vegetativen Zellteilung bleibt bei jedem der beiden Nachkommen die Anzahl der Chromosomen (Chromosomfaden) im Zellkern immer die nämliche wie zuvor, eine Zahl, die für jede Pflanzengattung und für jede Tiergattung in allen ihren Zellkernen als Vorstufe zur Kernteilung immer eine konstante ist; denn jeder Chromosom spaltet sich dann weiter in zwei dünnere Fäden, deren einer sich dem einen Pole, der andere sich dem anderen Pole nähert, alle U-förmig sich umbeugend. Schliesslich weichen dann auch die beiden Pole auseinander und teilt sich nachträglich die ganze Zelle. Bei der Reduktionsteilung aber unterbleibt diese Spaltung, und es bekommt also in diesem Fall jeder Pol nur die halbe[2]) Chromosomenzahl, was auch schon auf einen gewisssen Erschöpfungszustand hinweisst. Tritt dann aber alsbald ein Zusammenschmelzen ein, dann wird dadurch die Chromosomenzahl wieder wie zuvor, und kann dann wieder ein vielzelliger Organismus sich daraus entwickeln.

Und so sind wir denn jetzt endlich an den Übergang von dem vegetativem Wachstum zu der sexuellen Wachstumsmodifikation ge-

---

[1]) Mit welchen *chemischen* Änderungen die Reduktionsteilung im Zusammenhang steht, ist bei den Pflanzen, soviel ich weiss, noch nicht näher untersucht worden; nur ist es pharmazeutisch schon lange bekannt, dass die Blumen oft andere chemisch wirksame Bestandteile enthalten, wie die vegetativen Pflanzenteile. Bei den höheren Tieren und beim Menschen coïncidiert diese Reduktionsteilung bei der Bildung der Fortpflanzungszellen mit dem Auftreten stark wirkender organochemischer Stoffe.

[2]) Dass viele Autoren die zweierlei Chromosomzahlen mit den Namen „haploïde und diploïde“ d. h. „gewöhnliche und doppelte“ zu bezeichnen pflegen, konnte leicht zu der Meinung führen, als wären die halben Zahlen eigentlich die Normalzahlen; doch habe ich es hier vorgezogen, lieber die doppelten Zahlen als normalen Ausgangspunkt zu nehmen. Es scheint mir dies auch das Richtigere; denn z. B. der Löwenzahn (Taraxacum officinale) vermehrt sich gewöhnlich ohne Befruchtung, also durch Parthenogenesis und hat dann immer die von den Autoren sogenannte „Diploïdzahl“ als Normalzahl!

kommen. Wie wir bis hieher nur die Entwicklungsgeschichte des vegetativen Wachstums behandelten, so wollen wir jetzt auch einmal die Entwicklungsgeschichte des sexuellen Wachstums in kurzen Zügen verfolgen.

Die ersten Spuren des Zusammenschmelzens zweier Zellen finden sich im Tierreich schon bei vielen Infusorien; im Pflanzenreich bei den Konjugaten, den Zygomyceten und den Zoospermen, wo zwei gewöhnliche Zellen die einander vollkommen gleichwertig aussehen (Isogameten) zusammenschmelzen. Andere Kryptogamen gibt es, bei denen zwei Zellen zusammenschmelzen die schon merkbar in Grösse verschieden sind (der Makrogamet und der Mikrogamet). Aber noch viel mehr Variabilität hinsichtlich der Nachkommen erreicht man erst, wo zwei wesentlich verschiedene Zellen zusammenschmelzen: bei den Pflanzen eine Pollenzelle mit einer Eizelle, bei den Tieren eine Spermazelle mit einer Eizelle.

Doch blieb auch jetzt noch eine gewisse Einförmigkeit dadurch bestehen, dass anfangs beide zusammenschmelzende Zellen oft von einem gemeinsamen Individuum herstammten, wie dies im hermaphroditischen Übergangsstadium der Fall ist.

Der Übergang vom asexuellen zum hermaphroditischen Stadium liegt auch jetzt noch klar zu Tage bei den Gefässkryptogamen, z. B. bei den Farnen. Es werden nämlich beim Farn an der Rückseite der „Blätter“ auf ungeschlechtlichem Weg zahllose Sporen abgestossen, die sich nächstes Jahr zu einem blattartigen Prothallium ausbilden, auf dem dann sowohl männliche wie weibliche Organe hervorspriessen. Die hier auf hermaphroditischem Boden stattfindende sexuelle Befruchtung ruft dann wiederum ein neues Farnkraut hervor. Dieser Generationswechsel zeigt uns also jedesmal von neuem den Übergang von der Sporenbildung zur Bildung von geschlechtlich zusammenschmelzenden Zellen.

Und gerade hier bewährt es sich so glänzend, wie viel höhere Resultate die sexuelle Fortpflanzung auch schon im hermaphroditischen Stadium, der Sporenbildung gegenüber aufzuweisen hat. Letztere liefert ja nur ein winziges Prothallium, als wäre diesmal die individuelle Entwicklung auf ein Urstadium, wie etwa das der Lebermoose, stehen geblieben; die geschlechtliche Fortpflanzung hingegen die von diesem winzigen Prothallium ausgeht, zeitigt jedesmal einen schön gebauten und reich verzweigten Farn!

Bedingt der Hermaphroditismus immer noch eine gewisse Einförmigkeit, so hat schliesslich auch dieses Übergangsstadium dem ge-

trennten Geschlecht weichen müssen. Es ist dies der gewöhnliche Prozess der Differenzierung, dem Prinzip der Arbeitsteilung entsprechend. Der Übergang liegt auf der Hand. Wenn zufälligerweise bei einigen hermaphroditischen Individuen das eine, bei andern das andere Geschlecht öfters oder bleibend versagte, dann konnte schon dadurch bei solchen Individuen die andere Funktion sich um so kräftiger entwickeln; solche funktionell spezialisierte Individuen mussten dann mit der Zeit wohl siegen im Kampf ums Dasein.

Das erste Auftreten einer solchen Einseitigkeit in der Entwicklung kann anfangs, ausser von zufälligen individuellen Verschiedenheiten, auch sehr leicht von grossen Schwankungen in den Nahrungsverhältnissen der verschiedenen Individuen hervorgerufen sein, wie ja auch sonst angenommen wird, dass üppiges Wachstum schon im embryonalen Leben mehr der Bildung weiblicher Individuen Vorschub leistet, und umgekehrt. Hier will ich nur noch auf die Experimente Prantls hinweisen, die auch wieder aufs deutlichste dartun, wie überwiegend die Bedeutung ist, die in der sexuellen Entwicklungsgeschichte den Nahrungsverhältnissen zukommt.

Wenn Prantl Sporen von Farnen (Osmunda ceratopteris) auf sehr stickstoffreichem Boden aussäte, dann bekam er nicht die gewöhnliche hermaphroditische Prothallia, sondern nur Prothallia mit ausschliesslich weiblichen Organen; auf sehr stickstoffarmem Boden hingegen Prothallia mit nur männlichen Organen. So war er willkürlich im Stande, bloss durch Abänderung der Nahrungsverhältnisse das ältere Stadium des Hermaphroditismus in Getrenntgeschlechtlichkeit überzuführen und dabei sogar die Wahl des Geschlechts im voraus zu bestimmen!

Dass diese Trennung der Geschlechter sich so wenig im Pflanzenreich, im Tierreich aber so konsequent durchgeführt hat, scheint mir im Folgenden begründet. Nicht nur für die natürliche Auslese war diese höhere Differenzierung von grosser Bedeutung, sondern noch viel mehr für die sexuelle Auslese, weil jetzt erst der Sexeunterschied auftaucht mit seiner Rivalität und mit seinen speziellen Lockmitteln, wodurch dann eine höhere Kultur mit einer höheren Vervollkommnung hervorgerufen wird. Deshalb hat gewiss im Tierreich die Trennung der Geschlechter so unzweideutig gesiegt, wodurch jeder von uns jetzt Spezialität in einer Sexe geworden ist, nicht aber im Pflanzenreich, wo von einer sexuellen Auslese überhaupt nicht die Rede sein kann.

Diese Getrenntgeschlechtlichkeit, dieses Zusammenschmelzen zweier möglichst verschiedener Zellen, wenn sie nur beide richtige Vertreter der nämlichen Gattung sind, ist wohl der Gipfelpunkt des sexuellen

Lebens. Es ist dies das Stadium, in dem wir jetzt leben und dem wir alle unsere Vorzüge verdanken.

Nur die Fortpflanzung und die Anzahlvermehrung kamen beim sexuellen System wohl ein bischen ins Gedränge. Die Fortpflanzung wurde dadurch von der Zusammenwirkung zweier Individuen abhängig gemacht, was an und für sich schon eine bedeutende Komplikation darstellt. Was die Anzahlvermehrung betrifft, diese erlebte ihren Gipfelpunkt anfangs, bei den ersten, den vegetativen einzelligen Organismen, als jede Zellteilung noch eine Anzahlverdopplung bedeutete; bei dieser erneuerten Produktion einzelliger Organismen aber ist das Zusammenschmelzen zweier solcher Fortpflanzungszellen gerade im Gegenteil jedesmal eine Anzahlverringerung!

Dagegen waren die biologisch-ökonomischen Vorteile dieses Zusammenschmelzens riesige.

Schon das Zusammenschmelzen zweier gleicher Zellen war lebensrettend, sobald Erschöpfung drohte. Das Zusammenschmelzen zweier Zellen ist ja eine notwendige Korrektur den ewigen Zellteilungen gegenüber; wie die dabei auftretende Verdoppelung der Chromosomenzahl eine notwendige Korrektur ist, der Reduktionsteilung gegenüber.

Wenn aber zwei ungleiche Zellen zusammenschmelzen, dann wird dadurch neben den genannten Vorteilen, überdies noch eine grenzenlose Erhöhung der Variabilität veranlasst, indem von den daraus resultierenden Nachkommen einige mehr die Eigenschaften des Vaters, andere mehr die der Mutter aufweisen werden.

Eben diese Variabilität gibt einen riesigen Vorsprung im Kampf ums Dasein, denn, welche Begebenheiten und Katastrophen eine Pflanzengattung oder eine Tiergattung dann weiter auch befallen können, immer werden sich jetzt unter den Gattungsgenossen wohl einige Individuen finden, die besser wie andere diesen Schädlichkeiten gewachsen sind und sich den neuen Anforderungen besser anzupassen wissen. So wird es jetzt fast immer wohl Individuen geben, die gerettet werden. Die Gattung geht also nicht leicht mehr en bloc verloren.

Im Gegenteil! Gerade durch diese Entwicklung in verschiedener Richtung, je nach den verschiedenen Einflüssen, denen sie sich anpassen müssen, entstehen immer neue Varietäten und neue Gattungen; sogar so, dass unsere ganze Systematik der höheren Pflanzen- und Tiergattungen seit Linnaeus wesentlich auf die sexuellen Kennzeichen aufgebaut ist. Es ist ja gerade der sexuelle Befruchtungsprozess, wodurch alle diese neuen Gattungen erst hervorgerufen wurden.

Welch einen mächtigen Einfluss zur Veredlung dieses Zusammenschmelzen zweier ungleicher Zellen wohl haben kann, erhellt sich

wohl am deutlichsten, wenn man diese Funktion vergleicht mit den Bestrebungen des Rassenzüchters bei der Kreuzung, oder des Gärtners beim Pfropfen und beim Okulieren. Verbindet Letzterer z. B. eine wildwachsende, kräftige Art, die viele aber winzige Früchte trägt, mit einer zarten, verfeinerten Art die wenige, aber grosse Früchte trägt, dann werden im allgemeinen die Vorzüge beider beibehalten, während die minderwertigen Eigenschaften sich ausschalten. Der Befruchtungsprozess in der Natur ist mit diesem Vorgang vollkommen analog.

Ein schlagendes Beispiel wie nach zahllosen vegetativen Zellteilungen schon eine einmalige Befruchtung auch jetzt noch lebensrettend wirken kann, sobald Erschöpfungserscheinungen auftreten, ist wohi folgendes.

Seit die Kartoffelkultur in Europa eingeführt wurde, war die Fortpflanzung dieses Gewächses ununterbrochen auf vegetativem Weg durch Knollen und Ausläufer betrieben worden. Die Pflanzen gediehen anfangs kräftig, und waren gegen Infektionen aller Art genügend immun.

Nachdem aber diese Zellteilung während ein paar Jahrhunderten ununterbrochen fortgesetzt worden war, kam zuletzt eine Zeit, da schlug die Kartoffelernte öfters fehl, und es bekamen Krankheitskeime immermehr die Oberhand. Bodenwechsel von Sandboden auf Tonboden, und umgekehrt, verbesserten anfangs die Resultate wohl ein wenig, aber wirkliche Verbesserung in dieser drohenden Volkskatastrophe trat damals erst ein, als man anfing, aus den alten Sorten auch einmal Samen zu gewinnen, und diesen durch Befruchtung und Kreuzung regenerierten Samen wieder auszusäen.

Die Resultate waren glänzend! Die veralteten Sorten wurden alsbald von den neugezüchteten gänzlich verdrängt, weil diese den gefürchteten Krankheitskeimen gegenüber soviel mehr Widerstand aufboten. Erst später hat man angefangen auch durch Verbrennung des Kartoffelstrohes und durch Desinfektion der Stämmlinge die guten Resultate auch für weiterhin zu sichern, aber anfänglich war es gerade die sexuelle Fortpflanzung, die lebensrettend wirkte.

Ebenso ist auch in der Menschenwelt das Rätsel zu lösen, das uns Ärzte so oft mit Staunen erfüllt, wie es denn möglich ist, dass bei einer Entbindung in den ärmsten Proletarierfamilien, wo doch mit der Zeit in Folge konstitutioneller Erschöpfung und allerhand toxischer Einflüsse auch das Keimplasma vielfach geschädigt sein muss, öfters Kinder geboren werden, ebenso wohlgestaltet und kerngesund wie das erste beste Kind aus besser situierten Kreisen; wenn

auch infolge des ungünstigen Milieus diese Vorzüge leider bald wieder rückgängig gemacht werden. Aber jede neue Befruchtung ist immer wieder ein neues Bestreben der Natur zur Reklassierung.

Kein Wunder, dass diese sexuelle Wachstumsmodifikation, die im Kampf ums Dasein so lebensrettend und so veredelnd wirkt, allmählig die Überhand gewonnen hat.

Anfangs mag es eine seltene Ausnahme gewesen sein, etwa wie eine Anomalie in Folge der inneren Erschöpfung; wie auch jetzt noch bei vielen unserer sehr niedrigen Tier- und Pflanzenformen das bloss vegetative Wachstum die Regel und das sexuelle Wachstum eine Ausnahme ist. Jedenfalls ist erst bei den einigermassen höher stehenden Pflanzen die geschlechtliche Fortpflanzung die Regel geworden; und erst bei den höchsten Pflanzenformen tritt die asexuelle Vermehrung so sehr zurück, dass, wie früher das Sexuelle eine Ausnahme war, so jetzt bei diesen Pflanzen die asexuelle Vermehrung eine Ausnahme geworden ist, die jetzt nur noch gelegentlich bei Sträuchern und Bäumen durch äussere Accidente wie Verwundung und Überschüttung, hervorgerufen wird.

Auch im Tierreich erblicken wir den nämlichen Entwicklungsgang, der aber hier in viel rascherem Tempo eine viel höhere Stufe erreicht hat. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wurde in der Tierwelt schon sehr früh von der geschlechtlichen Fortpflanzung verdrängt, und ist es jetzt so weit gekommen, dass in der Tierwelt gegar keine Anzahlvermehrung mehr denkbar ist, es sei denn auf geschlechtlichem Weg! So sogar, dass wir jetzt immer geneigt sind, die Begriffe Fortpflanzung und Anzahlvermehrung einfach mit dem Begriff des Sexuellen zu indentifizieren. Und doch haben wir ja gesehen, dass ursprünglich die vegetative Fortpflanzung und die vegetative Anzahlvermehrung der einzig normale Tatbestand war, während erst später, als eine anfangs seltene Wachstumsmodifikation, die sexuelle Fortpflanzung und Anzahlvermehrung sich eingenistet hat.

Ein gewisser Gegensatz alles Sexuellen dem Vegetativen gegenüber ist denn auch immer noch unverkennbar; denn es bleibt immer das Typische aller sexuellen Fortpflanzungszellen, dass sie als eine heteromorphe Neubildung abgestossen werden müssen, weil sie gar nicht in den Zellverband hineinpassen. Nur wenn wir diesen Gegensatz scharf ins Auge fassen, wird es überhaupt erst möglich sein, das sexuelle Leben zu verstehen: das vegetative Wachstum so einfach bis in seinen äussersten Konsequenzen, und das Sexuelle so verblüffend in seiner Mannigfaltigkeit, schon von den niedrigsten Gattungen

an, weil es sich in jedem Spezialfall als eine später auftretende Erscheinung speziell anpassen muss.

Darin liegt schliesslich ja auch für das Individuum das Überwältigende des Sexuallebens, und seine hervorragende Bedeutung als der mächtigste biologische Lebensreiz, eben weil es eine so heterogene Neubildung ist, die dann gar nicht mehr hineinpasst, und die sich deshalb aufs Gewaltsamste Bahn brechen muss!

Durchmustern wir nur unser eigenes individuelles Sexualleben. Auch wir haben in unserem embryonalen Leben unsere Existenz mit einer riesigen Wachstumsenergie angefangen, aber anfangs noch ohne Sexualität. Dann bildete sich bei unserer weiteren embryonalen Entwicklung die sogenannte Keimdrüse, die aber besser als eine Keimgeschwulst zu bezeichnen ist,[1]) denn es handelt sich um ein gegenseitig einander Durchwuchern zweier heterogener Gewebselemente, als wäre es ein maligner Epithelialtumor, der sogar sein Nachbarorgan, die Ur-niere bis auf das Abführsystem dieser Drüse überwuchert, wodurch schliesslich dieses paarige Doppelorgan, der Testis, den Anschein bekommt, als wäre es eine richtige Drüse.

Jetzt begreifen wir, seit den Pubertätsjahren diesen Nachwuchs einer Unmasse neugebildeter Zellen als eine Aussaat jener embryonalen Neubildung; den riesigen Widerstand den die Spermazellen bei ihrer Ausscheidung zu überwinden haben, ein Widerstand, der uns oft fast zur Verzweiflung bringen kann. Wir begreifen das blutige Freiwerden der Eizellen aus dem Ovarialgewebe, ein Vorgang so schwierig, dass er schon im mittelbaren Alter des Weibes gar nicht mehr statt finden kann.

Jetzt begreifen wir die Bildung des Skrotums als wäre es der Bruchsack einer doppelseitigen Leistenhernie, den Ursprung des Gliedes als wäre es eine Gefässwucherung, und die unzweckmässige Lage der Kopulationsorgane beider Geschlechter einander gegenüber.

Es kann uns jetzt nicht mehr befremden, dass bei vielen Tieren die Begattung, wie bei vielen Pflanzen die Bestäubung die sonderbarsten Komplikationen von Körperstellung und Mechanismus verlangt, als eine unerlässliche Bedingung zum Wohlgeraten dieser Funktion.

Jetzt wundert uns nicht mehr, wie die sexuelle Funktion fast eine fakultative Funktion sein kann, was bei den anderen physiologischen Funktionen etwas undenkbares ist; und dass diese Funktion

---

[1]) Für alle diese Details sei hier auf eine grössere Arbeit von meiner Hand hingewiesen: *Das Sexualleben in seiner biologischen Bedeutung.* Das Manuskript liegt in deutscher Sprache fertig vor und wird veröffentlicht werden, sobald ein besserer Stand der Valuta dies gestatten wird.

sich auf so ganz verschiedene Weise äusseren kann: im Schlaf, in der Einsamkeit, mit Personen des nämlichen Geschlechts oder mit Personen des anderen Geschlechts, ja sogar unter Benutzung aller möglichen lebenden und leblosen Gegenstände.

Da nannte ich bis jetzt nur materielle Gegensätze und Hindernisse, die besiegt werden müssen, aber parallel mit diesen, erregt auch psychisch das Sexualleben in uns die heftigsten Erschütterungen, und verlangt fortwährend ein Übermass an Selbstbeherrschung. Gelingt es dann aber schliesslich, in reiner Liebe die richtige Lösung aller dieser Gegensätze zu finden, wie Dissonanzen, die sich harmonisch lösen, dann führt uns dies auch zu den höchsten Wonne- und Wollustempfindungen.

*

Man hat mich gefragt, ob ich denn meine, das erste Auftreten der Fortpflanzungszellen sei ursprünglich etwa als eine von dem Erschöpfungszustand hervorgerufene Krankheitserscheinung zu betrachten? Es ist diese Frage eine etwas peinliche. Das Sexuelle sollte eine krankhafte Erscheinung sein,[1]) während es doch in Wirklichkeit unsere höchste Vervollkommnung hervorruft! Ich glaube denn auch schon deshalb nicht, dass dies der richtige Ausdruck ist, weil man ja bei Krankheit doch mehr an die Unlustgefühle, wie an die nützlichen Folgen denkt, die eine Krankheit öfters nach sich führen kann.

Im Grunde ist natürlich jeder Evolutionsfaktor bei seinem ersten Auftreten, der ihm vorangangenen Norm gegenüber etwas Abnormales. Von Krankheit aber reden wir im gewöhnlichen Sprachgebrauch nur dann, wenn in unserem Bewusstsein die Nachteile im Vordergrund stehen, während wir den nämlichen Faktor ein Evolutionsmoment nennen, sobald in unserem Bewusstsein die Vorteile für die weitere Entwicklung hervorstechen. In diesem Sinn ist die Wachstumsmodifikation, die wir Sexualleben nennen, gewiss als ein Evolutionsmoment ersten Ranges zu begrüssen!

---

[1]) Man könnte sogar noch ein Schritt weiter gehen. Man könnte behaupten, das Abgestossenwerden der Fortpflanzungszellen sei schon als eine Erscheinung des Alterns, ja schon als ein Anfang des Absterbens zu betrachten, wie in noch weiter vorgerücktem Alter auch unsere Zähne und unsere Haare ausfallen. Aber diese Analogie ist bestimmt als falsch zurückzuweisen. Die Zellen, die bei der Drüsensekretion und bei unserer Hautabschuppung abgestossen werden, sind überhaupt nur tote und öfters schon ganz degenerierte Zellen, die ausfallenden Zähne und Haare sind sogar ganz hinfällig gewordene Organe; während es für die Fortpflanzungszellen eben das Essentielle ist, dass sie sofort bei der Zellteilung in ihrer ersten vollen Lebenskraft abgestossen werden. Es handelt sich hier also gar nicht um eine Analogie, sondern um den grösstmöglichen Gegensatz: eine Neubildung und das Absterben.

Ganz anders ist der Gedankengang des Arztes und des Biologen. Namentlich seit Rudolf Virchow dargetan hat, dass pathologische und physiologische Vorgänge eigentlich nur verschiedene Wachstumserscheinungen der nämlichen Zellenarten sind, ist ja die prinzipielle Antithese zwischen Krankheit und Gesundheit, die in der guten alten Zeit der Ausgangspunkt alles ärztlichen Denkens und Handelns war, biologisch gar nicht mehr aufrecht zu erhalten.

Für uns Ärzte ist eine Krankheit die oft lebensrettende Reaktion der gesunden Körperenergie den schädlichen Einflüssen gegenüber; und in dem Sinn können wir denn auch gewiss sagen, das Auftreten der sexuellen Wachstumsmodifikation ist als eine energische Reaktion zu betrachten, sobald ein Zustand der inneren Erschöpfung die Gattung mit Untergang bedrohen würde. Glücklich, wenn dann diese Reaktion eine recht energische ist; wie ja auch immer bei Pflanzen die Blütenbildung, und bei Tieren die Geschlechtsreife ein gewisses Mass von aufgespeichertem Energievorrat voraussetzt, um überhaupt hervortreten zu können.

So ist dann in der Evolutionsgeschichte ein gewisser Erschöpfungszustand die Veranlassung zu einem neuen Emporblühen geworden, und zwar weil dadurch eine gegenseitige Hilfsleistung (Mutual Aid) hervorgerufen wurde; ein romantisches Drama, das sich im individuellen Leben auch jetzt noch immer als Liebesdrama wiederholt.

Im biologischen Sinn ist also nichts dagegen einzuwenden, wenn man behauptet, die sexuelle Wachstumsmodifikation, dieses Evolutionsmoment par excellence, sei ursprünglich als eine Krankheitserscheinung aufzufassen.

Wie kann denn aber diese Abweichung von der ursprünglichen Norm sich mit der Zeit in den nachfolgenden Generationen so sehr beständigt haben?

Sogar accidentelle Schädigungen können habituell werden, auch ohne alle Erblichkeit, wenn sie nur einen überwiegend nützlichen Faktor im Kampf ums Dasein darstellen; man denke an die Befruchtung der Blumen durch Besuch von Insekten, die nur kommen, um den Honig zu stehlen, an die Verbreitung mancher Pflanzengattung, weil Vögel die Früchte rauben, an die Ernährung mehrerer Pflanzen, indem sie ungebetene Gäste verzehren.

Es kann in solchen Fällen sogar so weit kommen, dass die anfänglich rein accidentelle Schädigung mit der Zeit zur Existenzbedingung wird. Wie unentbehrlich sind für uns manche toxische organochemische Abfallstoffe geworden! Und was würde jetzt von

unserer Verdauung zurecht kommen, wenn nicht bald nach unserer Geburt unser Speiserohr infiziert worden wäre. Und wie kann man die stickstoffhaltigen Bakteriengeschwülstchen an den Wurzeln der Papilionaceen, die Schimmelinvasion beim Keimen der Lycopodiumsporen und die Schimmelverfilzung bei allen Lichenes-Arten auf andere Weise deuten, als es seien anfangs Mikroben-Invasionen wie jede sonstige Infektionskrankheit gewesen; wenn man auch unter dem wohlklingenden Namen „Symbyose“ diese Tatsache verschleiern will.

In allen diesen Fällen nennen wir dann schliesslich normal, was ursprünglich abnormal war; und das Ausbleiben der segensreichen Abweichung betrachten wir jetzt als einen Ausnahmefall, ein Missgeraten. Es muss aber hierbei bemerkt werden, dass dergleiche Mikroben-invasionen meistens erst dann die Überhand gewinnen, wenn auch sonst schon von sich heraus ein gewisser Erschöpfungszustand eingetreten und die Widerstandsfähigkeit dadurch herabgesetzt ist. Es sind also diese letztgenannten Schädigungen vielleicht schon einigermassen im Wesen des eigenen Wachstums begründet.

Schon etwas tiefer im Wesen des eigenen Wachstums begründet sind viele Wachstumsmodifikationen, die ursprünglich gewiss spontan, d. h. durch uns unbekannte Ursachen, etwa als eine Krankheitserscheinung aufgetreten sind, die dann aber im Laufe der Jahrhunderte durch Züchtung beständigt, ja sogar verschlimmert worden sind. Schon allein die Spezies Brassica oleracea liefert hievon mehrere Beispiele, wie: Blumenkohlbildung, Kopfkohlbildung, Sprosskohlbildung und eine Geschwulstbildung, die Oberrübe genannt wird. Zahllos sind die Bildungen gefüllter Blumen, gekrauster Blätter, wie in Trauer schlaff niederhängender Zweiglein usw. Auch bei den Tieren hat man seit altersher allerhand krankhafte Abänderungen und Monstruositäten als spezielle Rassen gezüchtet: Geschwülste und Exerescenzen am Kopf vieler hühnerartigen Vögel, verkehrte Stellung der Gefieder, Zwergbildung oder Riesenbildung einzelner Organe oder des ganzen Organismus, Hunde mit verkrümmten Pfoten usw.

Solche gezüchtete Verschlimmerungen gehen denn auch meistens wieder sehr stark zurück, sobald sie weniger sorgfältig gezüchtet werden.

Noch tiefer im Wesen des eigenen Wachstums begründet, sind allerhand dramatische Unfälle, wobei einige Zellgruppen den andern zum Opfer zu fallen pflegen: Keimzellen, die einander resorbieren, Befruchtungszellen die einander à la Münchhausen gegenseitig verschlingen!

Hier aber, bei der sexuellen Wachstumsmodifikation, kann uns

das Beständigwerden gar nicht wundern, denn es handelt sich hier nicht in erster Linie um äussere Einflüsse, wenn diese auch fordernd einwirken können. Im Gegenteil! Das Prinzip selbst des vegetativen Wachstums ist die Zellteilung, und diese würde früh oder spät fast immer in eine totale Erschöpfung enden, wenn nicht zur rechten Zeit auch einmal eine Zellenzusammenschmelzung als eine Regeneration eintritt. Die sexuelle Wachstumsmodifikation muss also als die energische Reaktion einer konstitutionellen Erschöpfung gegenüber betrachtet werden, eine Katastrophe, die so tief in dem Wesen des eigenen Wachstums begründet ist, dass vor allen Dingen das Keimplasma selbst davon befallen wird. Das zuerst auftretende Sympton dieser Modifikation ist ja immer eine Reduktionsteilung, als typischer Ausdruck der Erschöpfung; wie auch schon die Sporenbildung mit Störungen in der normalen Kernteilung anheim geht.

Wie tief im Wesen selbst des Zellenwachstums das Auftreten der sexuellen Wachstumsmodifikation begründet ist, erhellt sich uns weiter wohl daraus, dass das Endresultat, d. h. die Loslösung von Einzelzellen, eine Art Atavismus darstellt. Kein Wunder denn auch, dass, gemäss dem Häckelschen Grundsatz, diese nämliche Evolutionsphase auch später in der Entwicklungsgeschichte eines jeden Individuums sich immer so konstant wiederholt, und bei den höheren Tieren die Sexualorgane sogar schon vor der Geburt präformiert vorliegen.

Beobachten wir ja auch jetzt noch bei jedem neu hinzukommenden Individuum erst die vegetative und dann die sexuelle Lebensperiode, ein Generationswechsel, der erst im periodischen System der modernen Botanik so glänzend zu Tage tritt. In den bekannten Homologientafeln sieht man ja erst recht, dass der Generationswechsel nicht nur bei vielen niedrigen Pflanzengruppen offenbar, sondern auch bei den höchsten Pflanzengruppen implicite vorherrscht. Ja es stellt sich jetzt heraus, dass dieser Generationswechsel seinem tiefstem Wesen nach in der Zoologie und namentlich im Menschenleben noch viel schärfer hervortritt: die Depression in den Pubertätsjahren und die Neubelebung durch den sexuellen Impuls!

Es kommt hier ein sehr tief liegendes biologisches Gesetz zur Geltung, nämlich das Prinzip, dass das Zellenleben seine höchste Entwicklung erst erreichen kann durch einen periodischen Wechsel entgegengesetzter Einflüsse, die sich gegenseitig korrigieren und ergänzen: Das Prinzip der komplementären Periodizität. Arbeit und Ruhe, Nahrungsaufnahme und Fasten, Üppigkeit und Kargheit usw. sollen sich abwechselnd geltend machen; wie auch schon jede einzelne Zelle sich nur entwickeln kann, wenn chemisch die osmotische Spannung,

und mechanisch der Massagedruck immer im Wechsel begriffen sind. So sollen auch bei jedem Individuum das Vegetative und das Sexuelle einander ergänzen: erst eine lebhafte Zellteilung im vielzelligen Organismus und dann wieder die Zusammenschmelzung zweier Einzelzellen.

Dass das Auftreten der sexuellen Wachstumsmodifikation sich so konstant bei jedem Individuum wiederholt, kann uns um so weniger wundern, weil bei jedem Individuum auch der nämliche Erschöpfungszustand immer wieder aufs neue hervortritt; und es entwickelt sich denn auch die sexuelle Neubildung immer erst dann, wenn diese Erschöpfungserscheinungen anfangen sich fühlbar zu machen. Lasst uns nur beobachten, unter welchen Bedingungen wir auch jetzt noch immer tagtäglich im Lebenslauf unserer jetzigen Pflanzen und Tiere die sexuelle Wachstumsmodifikation hervortreten sehen.

In erster Linie wollen wir hierbei das Pflanzenleben ins Auge fassen. Belege aus dem Pflanzenreich haben in solchen Fragen eben deshalb einen besondern Wert, weil hier alle Komplikationen des Bewusstseins, die störende Wirkung subjektiver Einflüsse, namentlich auch die Möglichkeit der Suggestion und der Simulation von vornherein ausgeschlossen sind.

Oben haben wir schon bemerkt, dass z. B. bei den Schimmelfäden Sporenbildung erst auftritt, sobald das vegetative Wachstum sich ein wenig zu weit von seinem Optimum an Feuchtigkeit und Nahrung zu entfernen anfängt. Ebenso sehen wir fast überall in der Pflanzenwelt die Blütenbildung erst am Ende des Stammes und der Zweiglein, und namentlich hoch oben in den Bäumen auftreten; also überall da, wo dem vegetativen Wachstum und namentlich der Wasserzufuhr schliesslich ein Ziel gesteckt wird, wo aber doch wegen des vorangegangenen vegetativen Wachstums ein genügender Vorrat an Wachstumsenergie zur Verfügung steht, um eine Blume bilden zu können.

In den häufigsten Fällen ist eine Blume das Endstadium einer Blattknospenentwicklung. Vorher hat dann diese nämliche Knospe meistens schon eine ganze Reihe von Internodien, jedes mit einer neuen Blattbildung versehen, geliefert, bis zuletzt, wenn diese vegetative Entwicklungsreihe zu Ende geht, als Endpunkt der Reihe eine Blume sich entwickelt, die bald verblüht und abgestossen wird. Sowie eine keimende Pflanze anfangs immer besser ausgewachsene Blätter hervorbringt, ebenso verrät sich später öfters schon im voraus das Herannahen der Blütenbildung dadurch, dass die grünen Blätter immer kleiner werden und dann Hochblätter, Deckblätter und Hüll-

blätter genannt werden; oft sogar bringen sie es schliesslich nur zu Spreublättern, Spelzen und Schuppen. Dann erst kommt die Blütenbildung mit ihrer Produktion von bloss einzelligen Organismen.

Viele den Winter überlebende Pflanzen und Sträucher blühen schon im Anfang des nächsten Frühlings und bekommen erst später neue Blätter; hier scheint also die Reihenfolge der Blätter- und Blütenbildung gerade umgekehrt zu sein. In Wahrheit tritt hier aber das nämliche Prinzip noch stärker hervor. Hier ist die Blume das Ergebnis der Blattknospenbildung des vorigen Jahres, wodurch das Reservematerial sich angehäuft hat. Auch hier bildet sich also erst eine Entwicklungsreihe von grünen Blättern, wenn diese zu Ende geht, kommt dann auch noch die Ernährungshemmung des Winters hinzu, und dann erst erscheint die Blume als wäre sie spontan vom Zauber des Frühlings hervorgerufen.

Die meisten Blumen sind also offenbar das Endstadium der Blattknospenentwicklung, und umfassen nur die letzten Glieder der Blattreihe. Eine vollständige Blume umfasst die vier äussersten Glieder, immer weniger blattartig, immer mehr sexuell zum Abfall geneigt. Die Kelchblätter sind noch von grüner Farbe und nützen also noch wie die sonstigen Blätter zur Nahrungsproduktion. Die nächsten Blätter sind als Blumenkrone öfters schon bald zum Abfall geneigt. und zeigen sofort schon dergleichen Farbenschattierungen, wie normale Blätter sie erst im Herbst bekommen, sobald auch sie zum Abfall neigen; nur sind bei den Blumenblättern die Farben deshalb so viel heller und reiner, weil sie sofort aus dem Weiss der ersten Zellanlage hervorgegangen sind, ohne das Zwischenstadium der Blattgrünbildung. Die Staubfäden sind auch noch aus einem kleinen Stiel und einem blattartigen Anhang zusammengesetzt; hauptsächlich aber liefern sie zahllose kleine Pollenkörner, die sehr bald abgestossen werden und dann die winzigen männlichen Fortpflanzungszellen liefern können. Der Stempel schliesslich birgt innerlich im Fruchtknoten. d. h. in seinem zusammengewachsenen Fruchtblatt die Eizellen, wie beim Weibe die Eizellen innerlich versteckt liegen, bis nach der Befruchtung der reife Samen hervortritt als eine neue Generation im Embryonalzustande.

Bei üppigem Züchten aber kann es geschehen, dass dieser Blütenprozess mit seinen vier Stufen halbwegs noch zum Stillstand kommt. ich meine beim Züchten von gefüllten Blumen; wobei die zweite Stufe (die Blumenblätterbildung) sich immer wiederholt auf Kosten der dritten und vierten Stufe, die zuweilen ganz unterbleiben. Ja bei allzu üppigem Züchten kann man sogar aller Blütenbildung vorbeugen.

weil dann das vegetative Wachstum in voller Kraft sich immer weiter entwickelt; wir kommen darauf sofort noch zurück.

Welche vielfachen Variationen in dem Thema der Blütenbildung auch beobachtet werden, fast immer ist, falls Blütenbildung eintritt, die Blume die letzte Endphase[1]) der Knospenbildung, die dann weiter tot ist. Namentlich ist dies sehr auffallend bei denjenigen Pflanzenarten, bei welchen die ganze Pflanze nur aus einer einzigen Knospenbildung besteht, wie z. B. bei der sogenanten hundertjährigen Aloë (Agave americana), wo das Auftreten der Blütendolde zugleich das Signal für das herannahende Absterben der ganzen Pflanze ist, und beim Pisang oder der Banane, wo jeder riesige Stengel nur aus einer einzigen Knospenbildung besteht; weniger auffallend aber bei den Palmen, wo die Blütenbildung aus den Achselknospen hervorgeht, hoch in der Luft. Die dicotylen Pflanzen hingegen, und namentlich die dicotylen Bäume, haben ein so grosses Übermass an Knospen, dass man es hier gar nicht verspürt, wenn wegen der Blütenbildung einige Knospen mehr oder weniger in Wegfall kommen.

Auch bei vielen niederen Tierarten offenbart sich das Geschlechtsleben erst relativ spät in ihrem Lebenslauf, als die Schlußszene ihrer Existenz; häufig stirbt ja das Männchen bald nach dem Begattungsakt, das Weibchen nach dem Eierlegen. Bei den meisten Tierarten aber lässt das Abstossen der Fortpflanzungszellen nicht so bis zum letzten Moment auf sich warten.

In der höheren Tierwelt, und so auch beim Menschen, findet sich wegen der höheren Differenzierung rechts und links je nur eine präformierte Geschwulst, die die Fortpflanzungszellen liefert; aber diese zwei kleinen Organe sind denn auch so durchaus ergiebig, dass hier die Produktion von Einzelzellen viele Jahre in Anspruch nimmt; und so dauert denn auch unser Menschenleben in der Norm viele Jahre. Aber doch ist auch hier etwas Ähnliches zu bemerken. Denn wenn auch die sexuelle Zellabstossung hier nicht bis an das Ende des Lebens wartet, sie unterbleibt doch auch hier bis an das Ende der jugendlichen Wachstumsperiode, was hier umso auffallender ist, weil hier im Gegensatz zum Pflanzenreich wegen der höheren Diffe-

[1]) Es ist eine äusserst verschwindende Ausnahme, wenn z. B. am Rosenstock mitten aus der Rose wieder eine neue kleine Rose hervorspriesst. Nur bei den Cycadeen entspringt regelmässig aus der Narbe der verblühten Blumendolde nach einer längeren Ruhepause wieder eine neue Knospenbildung, die dann ihrerseits auch erst wieder neue Blätter, und mit der Zeit auch wieder eine neue Blumendolde bildet; hier aber kann uns das nicht wundern, erinnert uns doch die Blumendolde der Cycadeen an einen Farn mit einer Rosette von Fruchtblättern.

renzierung, der betreffende Sexualapparat schon von der Geburt an fertig vorliegt; und doch erfolgt die Produktion von Einzelzellen erst, sobald die jugendliche Wachstumsenergie erloschen ist.

So sehen wir immer, dass die sexuelle Wachstumsmodifikation erst auftritt, sobald Erschöpfungszustände eintreten. Die Gegenprobe wird dadurch geliefert, dass, wenn die normalen Erschöpfungserscheinungen ausbleiben, auch das Auftreten der sexuellen Wachstumsmodifikation unterbleibt. Praktisch war dieses Prinzip schon lange bekannt, als eine Art Rivalität zwischen zwei vicariierenden Funktionen das vegetative und das sexuelle Wachstum.

Je mehr das vegetative Leben sich üppig entfaltet, die Bäume in überflüssiger Laubbildung, der Mensch in übermässiger Fettbildung, desto weniger kann man eine grosse Fruchtbarkeit erwarten. Sobald man aber einen zu üppig wachsenden Baum auf irgendwelche Weise in seinem vegetativen Wachstum schädigt, z. B. indem man ihm auf rohe, ungeschickte Art ein paar Äste oder Wurzeln abhaut, sodass der Baum dadurch einigermassen zu siechen beginnt, da fängt der Baum erst recht an Früchte zu tragen!

Beim Menschen wird uns diese Gegenprobe auf andere Weise erhärtet. Sobald eine Frau die sexuellen Jahre der Fruchtbarkeit hinter sich hat, stellt sich unendlich oft, wie bei Kastraten, eine auffallende Fettbildung ein.

Das nämliche Prinzip ist auch den Gärtnern bekannt: um Blumen und nicht Blätter zu züchten, stellen sie ihre Pflanzen in möglichst kleine Töpfe, mit einem Übermass von Licht und Sonnenschein. Die Gegenprobe als Beweis ist hier leicht zu nehmen. So pflanzte ich einmal auf ein einigermassen im Schatten liegendes Blumenbeet Pelargonien in Töpfe, sorgsam mit einem flachen Stein unter dem kleinen Loch im Boden, und den Rand des Topfes ein wenig oberhalb der Bodenoberfläche, damit die Wurzeln nicht auswachsen sollten. Alle trieben reichlich Blumen, nur zwei im Schatten stehende trieben übermässig viel Blätter und gar keine Blumen. Als es Winter wurde und ich die Töpfe herausholte, ergab es sich, dass gerade diese zwei doch durchgewachsen waren, mit tüchtigen Wurzeln im vollen Boden. Nur hier waren Erschöpfungserscheinungen ausgeschlossen gewesen.

Und wer hat umgekehrt nicht öfters bemerkt, wenn er in seinem Garten die Pfade von Unkraut säuberte, wie zwischen dem Kies oft die winzigsten Pflänzchen wachsen, wirkliche Zwerglein, Minimumleidende hinsichtlich Feuchtigkeit und Nahrung, aber doch blühend in der heissen Sonnenglut, mehr Blume wie Blatt!

Schliesslich wäre es noch von höchster Wichtigkeit, näher präzisieren zu können, welche Einflüsse fördernd, und welche hemmend wirken auf diesen Umschlag des vegetativen Wachstums in das sexuelle. Es wäre dies zu wissen auch praktisch deshalb so wichtig, weil wir es dadurch vielleicht in unsere Gewalt bekommen könnten, diesen Wendepunkt unseres Lebens ein wenig hinauszuschieben, damit erst das vegetative und dann das sexuelle Leben zur höchsten Blüte gelangen könnte.

Besonders lehrreich sind in dieser Hinsicht die Experimente von Klebs mit einer einzelligen grünen Alge: Hydrodictyon utriculatum, die sich gewöhnlich durch vegetative Zellteilung, aber dann und wann auch wohl einmal durch Sporenbildung vermehrt. Die Intervalle zwischen den gewöhnlichen Zellteilungen pflegen bei dieser Alge allmählich sich zu verlängern, bis endlich Schwärmsporenbildung wieder zu einer neuen Reihenfolge Veranlassung gibt, die sich dann anfangs wieder mit erneuter Geschwindigkeit mittels vegetativer Zellteilung vermehrt. Experimentell konnte Klebs, indem er die Nahrungsverhältnisse verbesserte, die Verlangsamung in der Periodizität der vegetativen Zellteilung aufheben, und dann unterblieb die Schwärmsporenbildung auch gänzlich. Umgekehrt konnte er durch Verschlechterung der Nährverhältnisse, z. B. indem er die Flüssigkeit, in welcher er die Algen züchtete, langsam an der Sonne austrocknen liess, das Auftreten von Schwärmsporen vorzeitig hervorrufen.

Wir erkennen hier also als Ursache des vorzeitig Auftretens der Schwärmsporenbildung einerseits die allmähliche Wasserentziehung, wodurch die gewöhnliche vegetative Zellteilung vollends unmöglich gemacht wurde, während anderseits doch zur gleichen Zeit die starke Sonnenbeleuchtung ein mächtiger Reiz für weitere Wachstumserscheinungen darstellte.

Hinsichtlich den höheren Pflanzen bemerkten wir oben schon etwas derartiges. Die winzigen Unkräuter im dürren Kies, wo fast alle Nahrung und Wasserzufuhr fehlt, im glühenden Sonnenschein vorzeitig blühend. Die Bäume hoch in der Luft Blüte treibend, wo der Saftstrom immer mehr erschwert wird, aber eine Fülle von Licht und Sonnenschein vorherrscht. Bei den gezüchteten Blumen die reichlichste Blüte, da wo der Bodenraum künstlich beschränkt ist, aber im Sonnenschein und mit einer Fülle von reizendem Dünger.

Für den Menschen können wir diese Frage studieren an allen Fällen von Frühreife und von verspäteter Geschlechtsreife, wie die Ethnographie uns davon viele Beispiele liefert. Frühreif sind z. B. die Eingeborenen in tropischen Ländern, deren Gesundheit schon durch

das Klima so sehr beeinträchtigt wird, dass sie meistens blass und anämisch aussehen, während der Reiz von Licht und Sonnenschein maximal ist; nicht aber in den Polargegenden, wo alle Einflüsse ungünstige sind. Auch findet sich oft ein relativ frühes Erwachen der Sexualität bei den Volkskindern unserer grossen Städte, bei denen der allgemeine Ernährungszustand ebensowenig günstig ist, wo Blässe und Blutarmut einheimisch sind, wohl aber ein Übermass an sexuellen Reizen sich vorfindet.

Es erhärtet sich diese Auffassung durch die allgemeine pädagogische Erfahrung aller Zeiten, dass eine mässig beschränkte, aber doch tüchtige Nahrung, zusammen mit viel Muskelanstrengung im Freien, unter sorgfältigster Vermeidung aller künstlichen sexuellen Reize, wohl den günstigsten Einfluss aufzuweisen hat zur Meidung vorzeitiger Geschlechtsreife. Bei einfacher Lebensweise auf dem Lande ist denn auch eine verspätete sexuelle Reife ein ebenso oft vorkommendes Ereignis, wie Frühreife in der Stadt. Es versteht sich jetzt auch die hohe Bedeutung der Keuschheit im kindlichen Alter, worauf man immer und zu Recht, einen so hohen Wert gelegt hat.

Dass wir in dieser Richtung auch für die Zukunft wohl einigen Erfolg erzielen könnten, scheint mir deshalb wahrscheinlich, weil unsere höhere geistige Bildung im Vergleich mit den primitiven Völkern faktisch, sei es unbewusst, schon einigermassen einen Erfolg aufzuweisen hat, indem ja bei den Kulturvölkern die sexuelle Lebensperiode sich im allgemeinen später einzustellen pflegt.

Ein weiteres Eingehen in das Studium aller dieser Fragen wäre gewiss von grösster Bedeutung, damit auch künftig die sexuelle Evolutionsgeschichte eine immer höhere Stufe erreichen möchte.

Lochem (Holland). Dr. J. Rutgers.

Über den endemischen Kropf der Katze.

Von

E. Farner und R. Klinger.

Aus dem Hygiene-Institut der Universität Zürich.

(Dir. Prof. Silberschmidt.)

(Als Manuskript eingegangen am 9. Januar 1920.)

Vom endemischen Kropf werden neben dem Menschen auch viele der von ihm domestizierten Tiere befallen; hierher gehören in erster Linie der Hund und die Katze, anscheinend auch das Schwein, sowie die zahme Ratte, also die an Fleisch- oder gemischte Kost gewöhnten Tiere, wogegen die reinen Pflanzenfresser unter den Haustieren in unseren Gegenden entschieden weniger von der Endemie beeinflusst sind; immerhin ist das Vorkommen von Kropf bei Schafen (in Nordamerika, Marine und Lehnhart) und bei Ziegen (Mc. Carrison) sicher gestellt, und bei den Kälbern soll auch in der Schweiz eine stärkere Vergrösserung der Schilddrüse nicht selten sein. Auch die kropfige Entartung der Thyreoidea bei Salmoniden, wie sie in Amerika in manchen Fischzüchtereien beobachtet wurde (Gaylord und Marsh) ferner bei Serranus-Arten in Seewasser-Aquarien (Marsh und Vonwiller) muss in diesem Zusammenhang erwähnt werden, da sie bisher gleichfalls nur bei den unter naturfremden Bedingungen lebenden Fischen festgestellt wurde. Die wild lebenden Tiere reagieren dagegen, soviel aus den vorliegenden, leider sehr spärlichen Beobachtungen hervorgeht, auch in ausgesprochenen Kropfgegenden nicht (wilde Ratte, Fuchs und andere Fleischfresser).

Während der Hund nicht selten in einem Grade affiziert wird, dass auch für den Laien auffallende, die Halsgegend deformierende Kröpfe zustande kommen, sind bei der Katze wenigstens in unsern Gegenden schon von aussen sichtbare oder fühlbare Kröpfe sehr selten.[1]) Wir besitzen unter unserm Material nur zwei Fälle, bei

[1]) In andern Ländern scheint dies nicht durchaus giltig, wofern das bekannte Zitat aus Michelangelo auf wirkliche Beobachtung zurückgeht; (Sonetti, A Giov. da Pistoyja: „Jo ho gia fatto un gozzo in questo stento (die Malerei in der Sixtina) come fa l'acqua á gatti in Lombardia.)

denen wir schon vor der Sektion das Bestehen eines pathologischen Schilddrüsenbefundes feststellen konnten und auch hier handelte es sich nicht um entsprechend grosse Strumen, sondern um Zysten, die in der kropfig veränderten Drüse aufgetreten waren.

Wir haben bei über 40 Katzen, die teils aus Zürich oder andern weniger stark von der Kropfendemie befallenen Gegenden, teils aus dem kropffreien oberen Fricktal (Aargau) stammten, die Grösse der Schilddrüse bestimmt und hiebei folgende Werte gefunden:

Aus den Kropfgegenden stammende Tiere:

Bei halbwüchsigen oder ausgewachsenen Tieren (über 1500 g). Mittleres Drüsengewicht: 0,66 g).

Bei jüngeren Tieren (unter 1200 g): 0,81 g.

Aus kropffreier Gegend stammende Tiere:

Aeltere Tiere (wie oben): 0,31 g.

Junge Tiere: 0,23 g.

(Die mit Zysten behafteten Drüsen wurden in dieser Berechnung nicht mit einbezogen).

Katzen aus kropffreier Gegend.

Ort	Gewicht d. Tieres	Geschlecht	Gewicht d. Drüse
Bözen (Fricktal)	2200	männl.	0,32
„	2080	weibl.	0,3
„	850	„	0,25
„	680	männl.	0,3
„	635	weibl.	0,32
„	600	männl.	0,2
„	530	„	0,15
„	400	weibl.	0,13

Die tabellarische Zusammenstellung lässt erkennen, dass 1. in kropffreier Gegend der Durchschnittswert des Drüsengewichtes wesentlich tiefer liegt als in den Kropfgegenden und dass 2. daselbst auch die Einzelwerte nur wenig von einander unterschieden sind, während die Drüsengrösse in den Kropfgegenden grossen Schwankungen unterworfen ist, indem sich teils normale, teils sehr hohe Werte vorfinden. Die grössten Kröpfe erhielten wir aus dem sehr stark von der Endemie heimgesuchten Marthalen, während sich Bötzen (Fricktal) auch bei diesen Untersuchungen als sicher kropffrei erwies. Das vollständig parallele Verhalten der Schilddrüse bei Mensch und Tier, welches sich schon durch unsere Versuche mit Ratten

Katzen aus Kropfgegenden.

Ort	Gewicht d. Tieres	Geschlecht	Gewicht d. Drüse
Zürich Stadt	3300	männl.	0,65
„	2400	weibl.	0,8
„	2300	männl.	1,35
„	2100	„	0,6
„	2050	weibl.	0,6
„	2000	„	0,6
„	1885	„	0,65
„	1800	„	0,58
„	1620	männl.	1,0
„	1160	weibl.	0,35
„	1000	„	0,35
„	910	„	0,8
„	710	männl.	1,2
„	750	„	0,38
„	700	„	0,3
„	630	männl.	0,5
Thalwil	3470	männl.	0,48
„	2850	weibl.	0,45
„	2600	„	0,7
„	2300	„	0,95
Winterthur	1750	weibl.	0,6
„	1650	„	0,6
Dättlikon	2800	weibl.	0,45
„	2300	„	1,15
Marthalen	1900	männl.	24,0[1])
„	560	weibl.	2,1
„	500	„	15,3[1])
„	335	männl.	2,0
Ringwil	2050	weibl.	5,35[1])
„	1480	„	0,65
Islikon	510	weibl.	0,9
„	500	männl.	0,85

feststellen liess, wurde somit auch durch diese Untersuchungen an der Katze bestätigt. Auffallend ist ferner das besonders starke Befallensein der jungen Tiere, was nicht nur am Durchschnitt, sondern auch bei den maximalen Gewichten zum Ausdruck kommt. Es

[1]) Diese Kröpfe enthielten grosse Zysten.

scheint, dass auch hier in höherm Alter eher eine Neigung zur Rückbildung der Strumen besteht, wie ähnliches auch zum Teil für die menschliche Pathologie gilt (z. B. in der Kurve der Kropfhäufigkeit des männlichen Geschlechts erkennbar ist).

Die kropffreie Schilddrüse besteht bei der Katze wie bei der Ratte aus kugeligen Follikelbläschen mit niederm, einreihigem Epithel, die mit Kolloid gut gefüllt sind und wie die Beeren einer Traube nebeneinander gelagert sind. Sie werden durch so wenig Bindegewebe aneinander gehalten, dass die Drüsenläppchen bei der Einbettung leicht auseinander weichen, wodurch der lappige Bau des Organs besonders auffallend hervortritt (Abb. 1). Das erste und charakteristischste Zeichen der strumösen Veränderung ist auch hier eine Vermehrung der spezifischen Drüsenzellen, eine Epithelwucherung. Namentlich die Kerne sind es, welche in deutlich vermehrter Menge angetroffen werden, daneben ist auch das Plasma der Zellen (wenigstens dort, wo sie noch in follikulärer Anordnung bleiben), gegen das Follikellumen verbreitert. Die Neubildung der Zellen führt einerseits zu Aus- und Einbuchtungen der von ihnen gebildeten Follikelwandungen und daher zur Polymorphie und Abschnürung der Bläschen, daneben aber auch zu einer Ansammlung von Zellen zwischen den schon bestehenden Follikeln; dadurch entstehen teils ganz ungeordnete, teils noch mehr weniger schlauch- oder bläschenartig gestellte Epithelmassen, wie sie für die diffus-parenchymatöse Struma charakteristisch sind.

Diese Veränderungen im Epithel sind von solchen im Bindegewebe einerseits, im Follikelinhalt andererseits begleitet. Stets führt die strumöse Reaktion der Drüse zu einer Zunahme des zwischen den Follikeln und Drüsenläppchen gelegenen Bindegewebes, so dass die einzelnen Teile der Drüse nun viel fester zusammengehalten sind. Auch die Blutversorgung nimmt damit zu, wenn wir auch ähnlich stark hyperämische, dunkelbraunrote Drüsen, wie wir sie bei strumösen Ratten häufig gesehen haben, bei Katzen nicht angetroffen haben. Die Farbe auch grösserer Strumen ist hier meist nur wenig dunkler als diejenige der normalen Schilddrüse.

Die Kolloidproduktion nimmt mit der Ausbildung der strumösen Veränderung im allgemeinen ab. Doch haben wir in unserm Material kolloidreiche Strumen wiederholt angetroffen (während dieselben bei der Ratte nach unsern Erfahrungen und denjenigen anderer Untersucher[1]) selten sind). Die Kolloidansammlungen bleiben allerdings

[1]) Wir verweisen speziell auf die eingehende Studie von Langhans und Wegelin: Der Kropf der weissen Ratte. Bern 1919. — An dieser Stelle möchten

bei der Katze stets mikroskopisch klein, grössere Kolloidblasen, wie sie beim Menschen, Hund und Schwein häufig sind, haben wir nicht beobachtet. Die Tatsache, dass sich Kolloid in einer aus ausgesprochenen Drüsenzellen sich aufbauenden Zellwucherung vorfindet, bedarf kaum einer speziellen Erklärung. Hingegen ist der Umstand, dass eine Abnahme des Kolloids der für die strumöse Entartung charakteristische Zustand ist, von grösserem Interesse und fordert, dass wir seinen chemischen Ursachen näher nachgehen. Für das Verständnis dieser Verhältnisse ist von Bedeutung, dass: 1. die Sekretion hier wie sonst eine (von Nervenströmen beeinflusste) Hydrolyse und dass 2. die Struma chemisch gesprochen nichts anderes als eine vermehrte Zell- (speziell Eiweiss-) Synthese ist. Der 2. Punkt weist uns darauf hin, dass das Wesentliche der strumösen Veränderung darin bestehen muss, dass die Synthese über den Abbau stärker überwiegt als dies in der normalen Drüse der Fall ist (wo das Gleichgewicht nur wenig zu Gunsten der Synthese verschoben ist). Es kann daher nicht verwundern, dass dort, wo die Synthese so deutlich zugenommen hat, die Sekretion vermindert ist. Klinisch kommt dies darin zum Ausdruck, dass trotz der oft beträchtlichen Vergrösserung des Organs eine eigentliche Hyperthyreose (Übersekretion) bei Kropf nicht zu bestehen pflegt. Histologisch äussert sich dieser Umstand in der Verminderung und Verdünnung und häufig im völligen Schwund des Kolloids.[1]) Letzteres wird umsomehr eintreten, je ausgesprochener diese Verschiebung im chemischen Gleichgewicht der Zellen eingetreten ist, je schneller und je unregelmässiger somit die Zellwucherung erfolgt; wogegen an den Stellen, an welchen die Follikelanordnung, die Innervationsverhältnisse etc. relativ weniger gestört sind (bei dem mehr papillären Wucherungstypus), die weitere Produktion von Kolloid noch erhalten bleiben kann. Aus diesen Überlegungen dürfte auch verständlich werden, wieso derselbe pathologische Prozess im gleichen Organ zu so verschiedenen Veränderungen führen kann, als es die mannigfaltigen Strumaformen sind, ja warum wir

---

wir Herrn Prof. Wegelin unsern Dank dafür aussprechen, dass er uns bei dieser und bei unsern andern Arbeiten auf diesem Gebiet wiederholt in liebenswürdigster Weise beraten hat.

[1]) Hiebei darf allerdings nicht vergessen werden, dass das spezifische Sekret der Schilddrüse nicht in der Hauptsache in dem sichtbaren Kolloid, sondern in direkt mit dem Blut ausgetauschten Substanzen besteht. Man sollte deshalb den Funktionszustand einer Drüse keineswegs nach ihrem blossen Kolloidgehalt beurteilen.

zuweilen in derselben Drüse neben dicht parenchymatösen Stellen andere mit kolloidreichen Follikeln antreffen (namentlich gegen den Rand der Drüse, wo der Gewebsdruck ein geringerer ist).

Sekundäre Veränderungen haben wir in den von uns untersuchten Katzenstrumen in Form der schon erwähnten Zysten angetroffen, welche wir bei drei Tieren (zwei sehr alten Katzen und bei einem kaum acht Wochen alten Tier) beobachtet haben. In jedem Falle lagen zirka taubeneigrosse, mit rötlicher, zäher Flüssigkeit erfüllte Zysten vor. Bei der jungen Katze war in jedem Schilddrüsenlappen eine derart grosse Zyste entstanden, dass der ganze Hals des Tieres deformiert war. Solche Zysten scheinen aus Blutungen hervorzugehen, wofür das Vorkommen von Hämosiderinpigment in den bindegewebigen Wandungen derselben und die rote Färbung ihres Inhaltes sprechen. Jod haben wir dagegen in dem einen der beiden Fälle, in welchem daraufhin untersucht wurde, im Zysteninhalt nicht nachweisen können.

Ausgesprochene Degenerationserscheinungen (wie die Desquamation der Epithelien, oder Zeichen nekrotischer Veränderungen der Zellen [Kern-Pyknose und Zerfall, Auflösung des Kerns etc.]) haben wir in unserm Material, das stets entweder bei Operationen oder unmittelbar nach dem Tode (Chloroform-Narkose) gewonnen und fixiert wurde, nicht angetroffen. Auch unsere früheren Untersuchungen an Ratten lassen uns vermuten, dass die von andern Autoren (E. Bircher, Wegelin) bei der Untersuchung tierischer Strumen beschriebenen schweren, histologischen Veränderungen post mortaler (oder agonaler) Natur gewesen sein dürften. Solche sind namentlich dann zu erwarten, wenn die Drüse spontan verendeter Tiere erst einige Zeit nach dem Tode fixiert wird. Wir wollen damit natürlich nicht in Abrede stellen, dass gelegentlich (bei Zirkulationsstörungen, nach Blutungen oder Zystenbildung etc.) derartige Veränderungen sekundär eintreten können. Eine primäre Degeneration des Drüsengewebes, als Folge einer direkten, toxischen Schädigung der Zellen oder auch nur als späteres Stadium der kropfigen Epithelwucherung scheint uns dagegen nicht zum Bilde der strumösen Veränderung der tierischen Schilddrüse zu gehören.

Adenome, d. h. gut abgegrenzte, knötchenartige Epithelwucherungen scheinen nach unsern Erfahrungen bei der Katze ebenso selten zu sein wie bei der Ratte. Von Wegelin wurde diese Tatsache auf das spärliche Vorkommen von interlobulären Bindegewebe in der Rattenschilddrüse zurückgeführt. Da auch die normale

Katzenschilddrüse wie erwähnt durch eine nur sehr geringfügige Ausbildung des Zwischengewebes ausgezeichnet ist, dürfte die geringe Disposition zu adenomatöser Entartung hier vermutlich ebenso begründet sein (während der Struma-Entwicklung nimmt das interlobuläre Bindegewebe allerdings an Masse zu).

Im Vordergrund des Interesses steht in der Kropffrage die Aetiologie dieser Affektion; denn therapeutisch ist die Richtung unseres Vorgehens bereits festgelegt und eigentlich nur noch eine Sache der Organisation (konstante Verabreichung kleiner Jodmengen an alle Bewohner der Endemiegegenden). Verzichten wir von vorneherein auf jede teleologische Scheinerklärung (z. B. dass die Schilddrüse durch vermehrtes Wachstum und Sekretabgabe toxische Stoffe zu entgiften „sucht“ etc.), so kann unsere Fragestellung hier nur lauten: Welche chemischen Vorgänge führen zu dem als wesentlich erkannten relativen Überwiegen der Synthese über den Abbau? Hier bestehen zwei Möglichkeiten; entweder sind die den Abbau (Sekretbildung) physiologischer Weise fördernden Momente vermindert, oder 2. die Bedingungen für die Synthese sind besonders günstige. Der gegenwärtige Stand der experimentellen Forschung gestattet uns noch nicht, hierauf definitiv zu antworten. Immerhin sind schon einige Tatsachen bekannt, die uns wichtige Zusammenhänge erkennen lassen. So vor allem das Verhalten des Kropfes gegen Jod, einen Stoff, dessen elektive Affinität zu der Schilddrüse seit langem bekannt ist. Jod wirkt deutlich sekretionsbefördernd, also steigernd auf den Abbau der Drüsenzellen (starke Kolloidbildung, Einschmelzen des Drüsengewebes) und schränkt das Wachstum der Drüse ein. (Vermutlich wegen der guten Wasserlöslichkeit der Jodsalze; diese Wirkung dürfte somit auf Salzverbindungen der in den Zellen vorhandenen Eiweissabbauprodukte, nicht auf das im Schilddrüsen-Eiweiss eingebaute (in aromatische Aminosäuren substituierte) Jod zurückzuführen sein.[1])

Diese Tatsache legt die Vermutung nahe, dass die kropfige Entartung der Schilddrüse dadurch bedingt sei, dass dieser für die sekretorischen Abbauvorgänge wichtige Stoff dem Organismus nicht in genügender Menge zur Verfügung steht. In der Tat wurde diese Annahme von verschiedenen Kropfforschern gemacht.[2]) Die

---

[1]) Näheres zur Chemie dieser Jodverbindung siehe Herzfeld und Klinger, Biochem. Z. 96.

[2]) Vergl. Hunziker H., Der Kropf, eine Anpassung an jodarme Nahrung. A. Francke, Bern, 1915.

Epidemiologie und die experimentellen Ergebnisse[1]) machen es aber fraglich, ob die Verhältnisse wirklich so einfach liegen und ob es bloss ein geringeres Vorkommen von Jod ist, welches die Kropfgegenden von den kropffreien unterscheidet. Es dürfte sich vielmehr darum handeln, dass die in normaler Menge zur Verfügung stehende und unter normalen Verhältnissen ausreichende Jodmenge in den in einem kropfigen Milieu lebenden Individuen nicht mehr hinreichend ist.

Dies könnte entweder auf die Weise möglich sein, dass das in geringer Menge mit der Nahrung eingeführte Jod im Körper anderweitig gebunden wird (z. B. durch die Darmbakterien), oder aber, dass Jod zwar wie sonst der Drüse zur Verfügung steht, dass aber die Drüsenzellen aus andern Gründen stärker wachsen und dadurch das Gleichgewicht zwischen dem abbauend wirkenden Faktor (dem Jod) und der Synthese gestört ist. So könnte daran gedacht werden, dass bei kropfigen Individuen die aufgenommene Nahrung im Darm in besonderer Weise aufgespalten wird, wodurch gewisse Bausteine in vermehrter Menge ins Blut und damit in die Schilddrüse gelangen könnten, Stoffe, welche für die Synthese des Drüseneiweisses besonders geeignet und daher fördernd sind. Beide Möglichkeiten weisen auf die Darmflora (welche die Zersetzungsvorgänge im Darm in erster Linie bestimmt), als jenen Faktor, in welchem die eigentliche Ursache der Kropfbildung zu suchen ist; eine Annahme, welche auch sonst mit den klinischen und epidemiologischen Eigenheiten des endemischen Kropfes gut vereinbar ist und von allen bisherigen Erklärungsversuchen am meisten für sich hat.

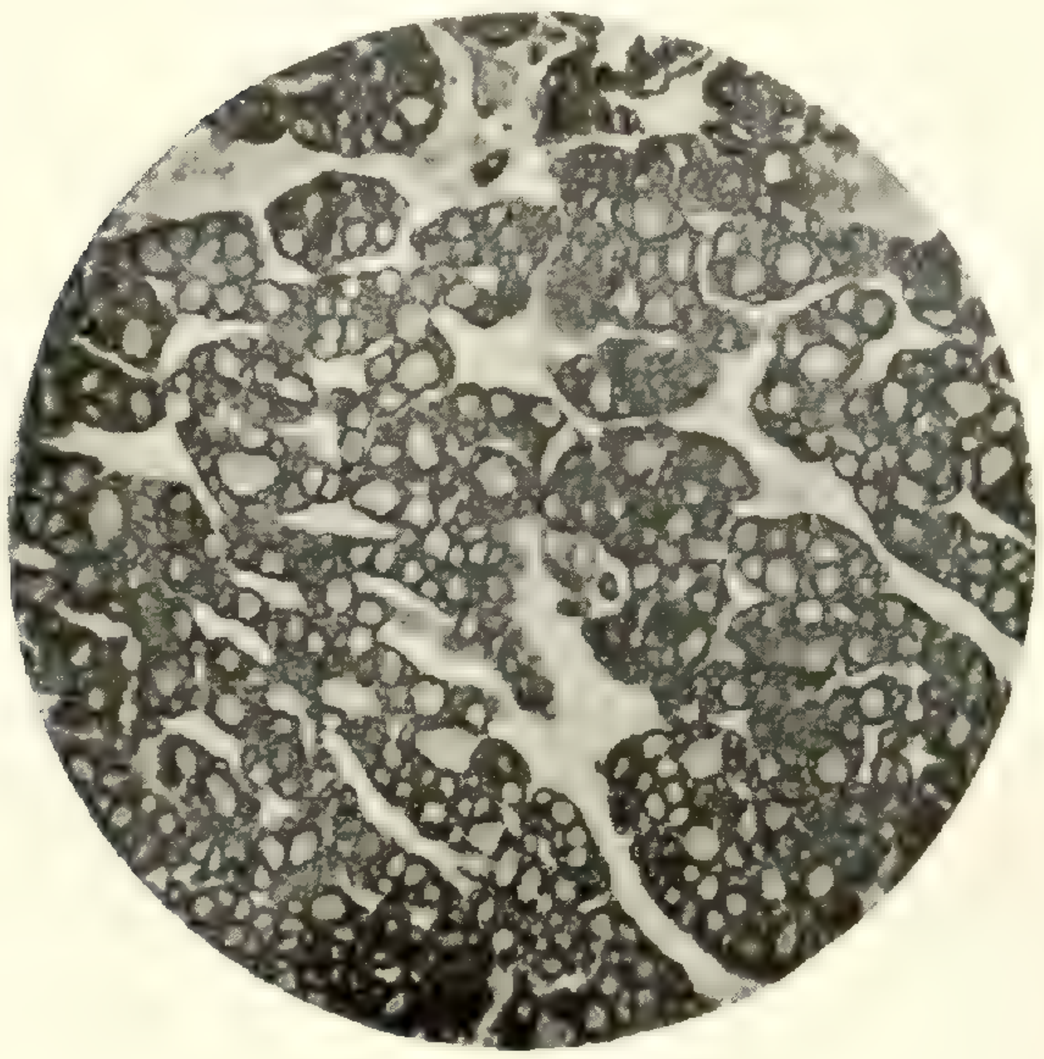
Den Kropf als eine „Avitaminose“ zu betrachten, ist kaum möglich, weil es sich um eine ausgesprochene Hypertrophie eines einzelnen Organes (ohne primäre Degeneration) handelt, während alle Avitaminosen, die bekanntlich auf das Fehlen unersetzbarer Bausteine in der Nahrung zurückgehen, durch Degeneration und Gewebs-Atrophien ausgezeichnet sind. Auch wäre dann nicht verständlich, wieso Jod die Krankheit heilen kann.

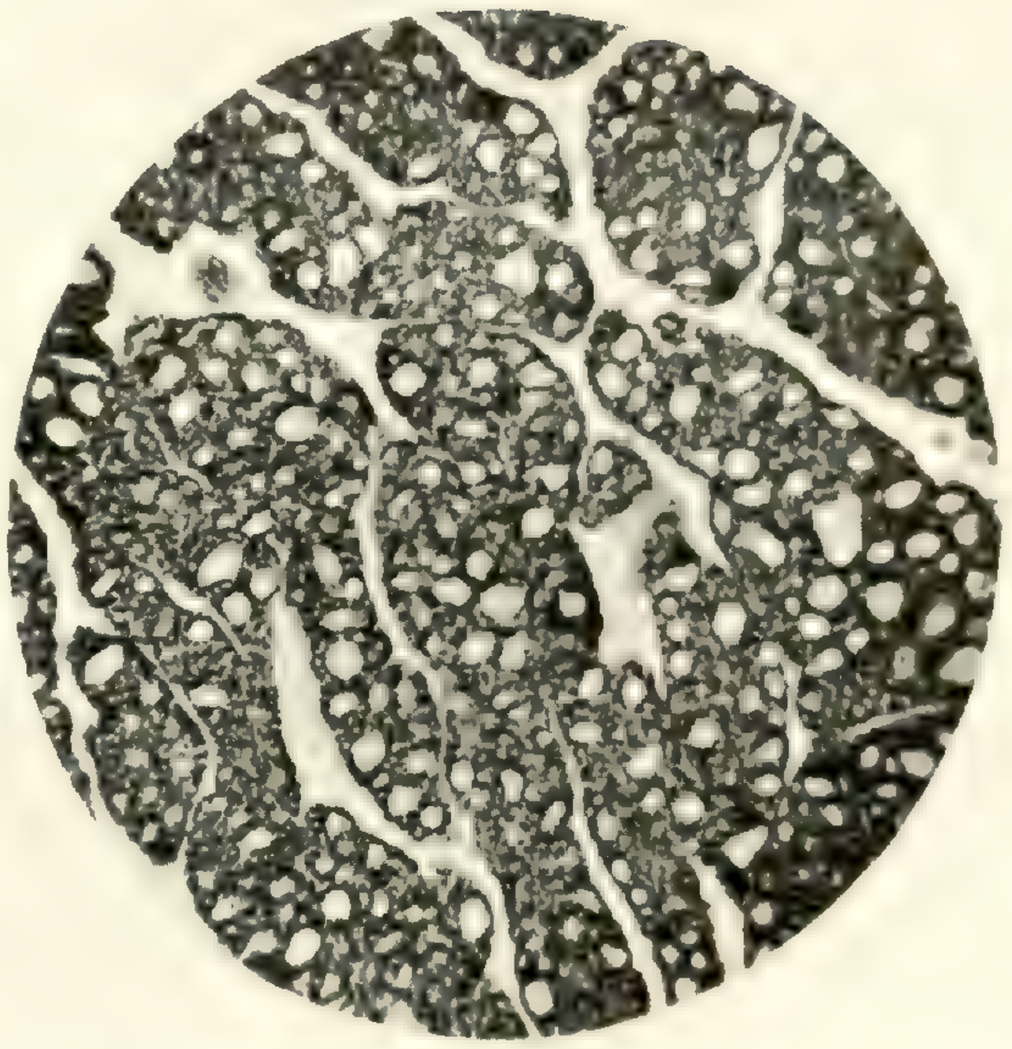
Die früher viel diskutierte und sehr volkstümliche Annahme, dass der Kropf durch das Trinkwasser hervorgerufen werde, kann in dieser Form als erledigt gelten. Die chemische Zusammen-

---

[1]) Wir verweisen diesbezüglich speziell auf unsere früheren Untersuchungen im Arch. für Hygiene, Bd. 81, 85, 86; ferner auf die von uns gemachte Beobachtung (Münch. Med. W. 1917), dass Injektion jodfreier Schilddrüsenextrakte den Kropf von Ratten in wenigen Wochen zum Schwinden bringt. Wir beabsichtigen, ähnliche Versuche, welche deutlich genug gegen die einseitige Betonung der Jod-Aetiologie des Kropfes sprechen, auch an Hunden auszuführen.

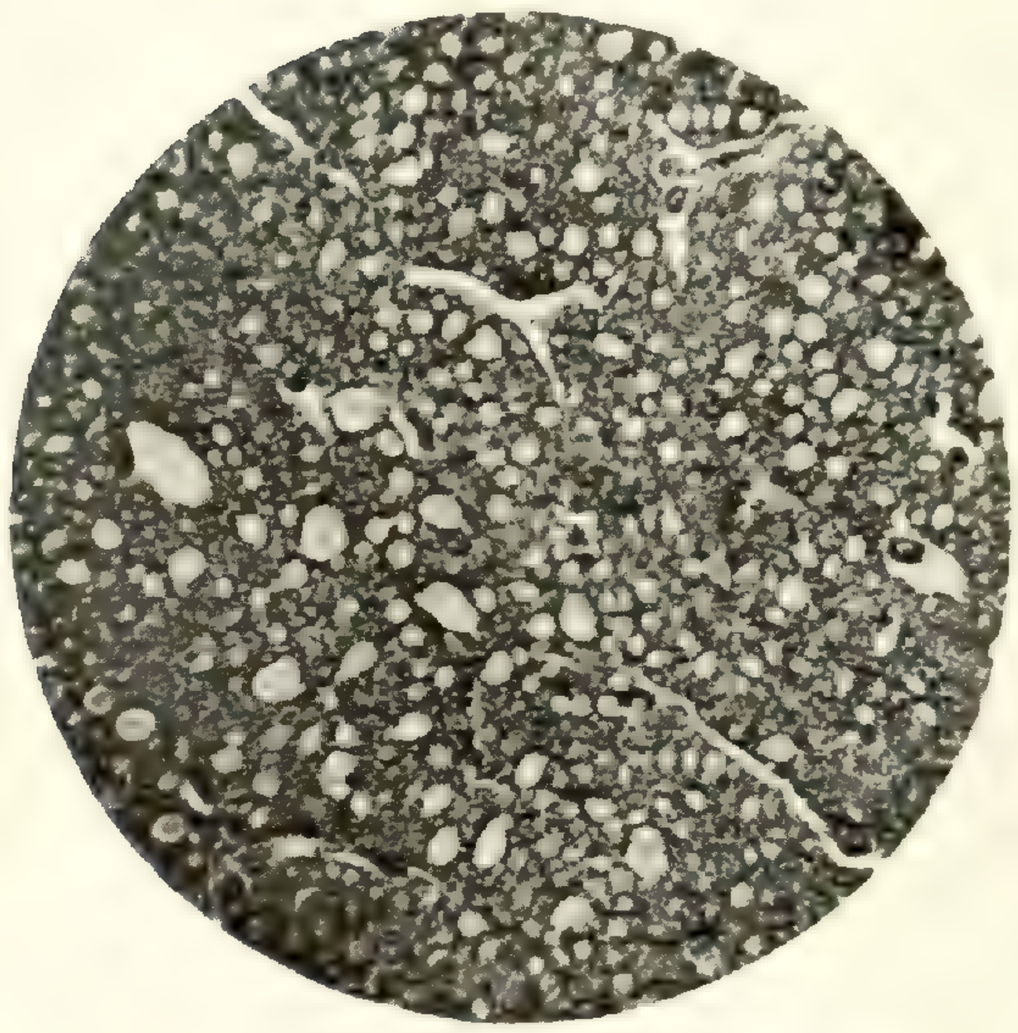
1.

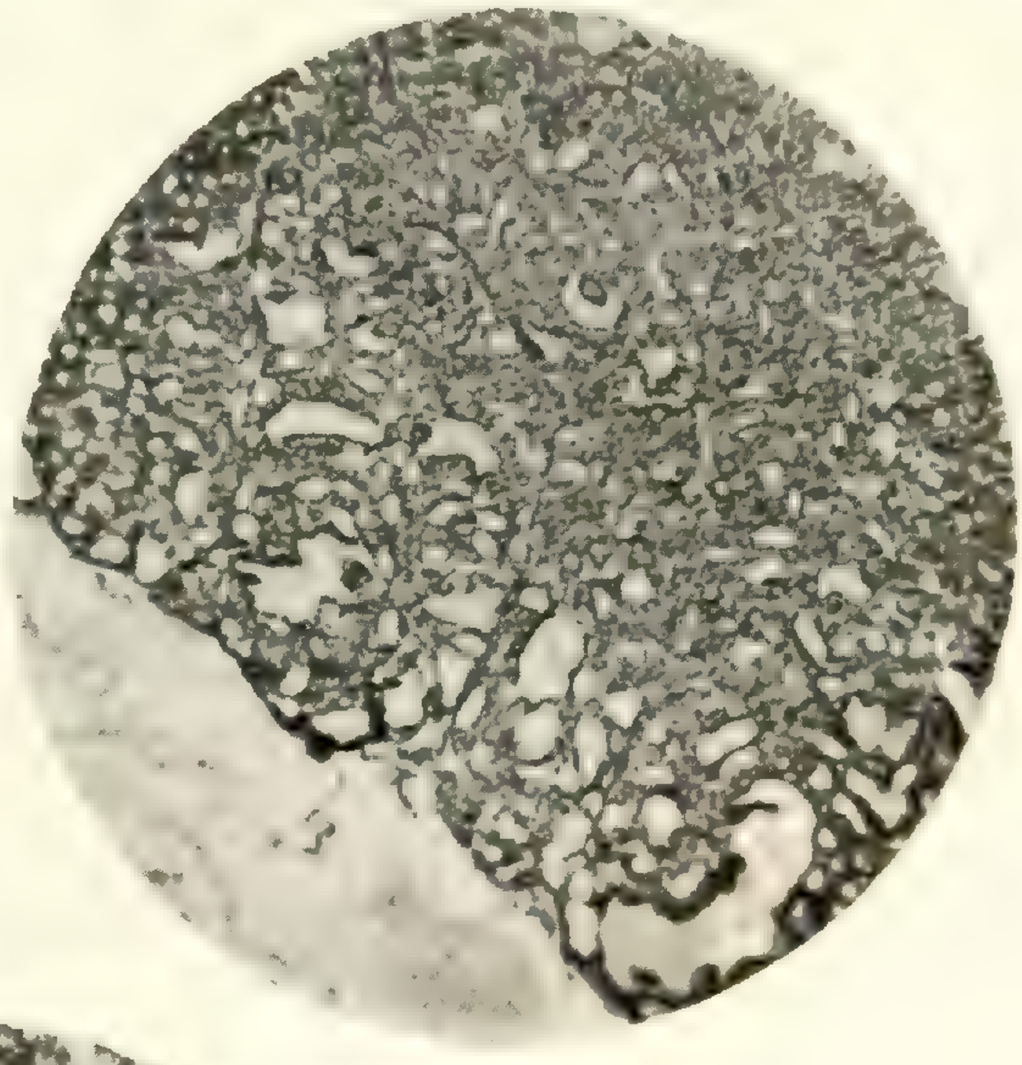




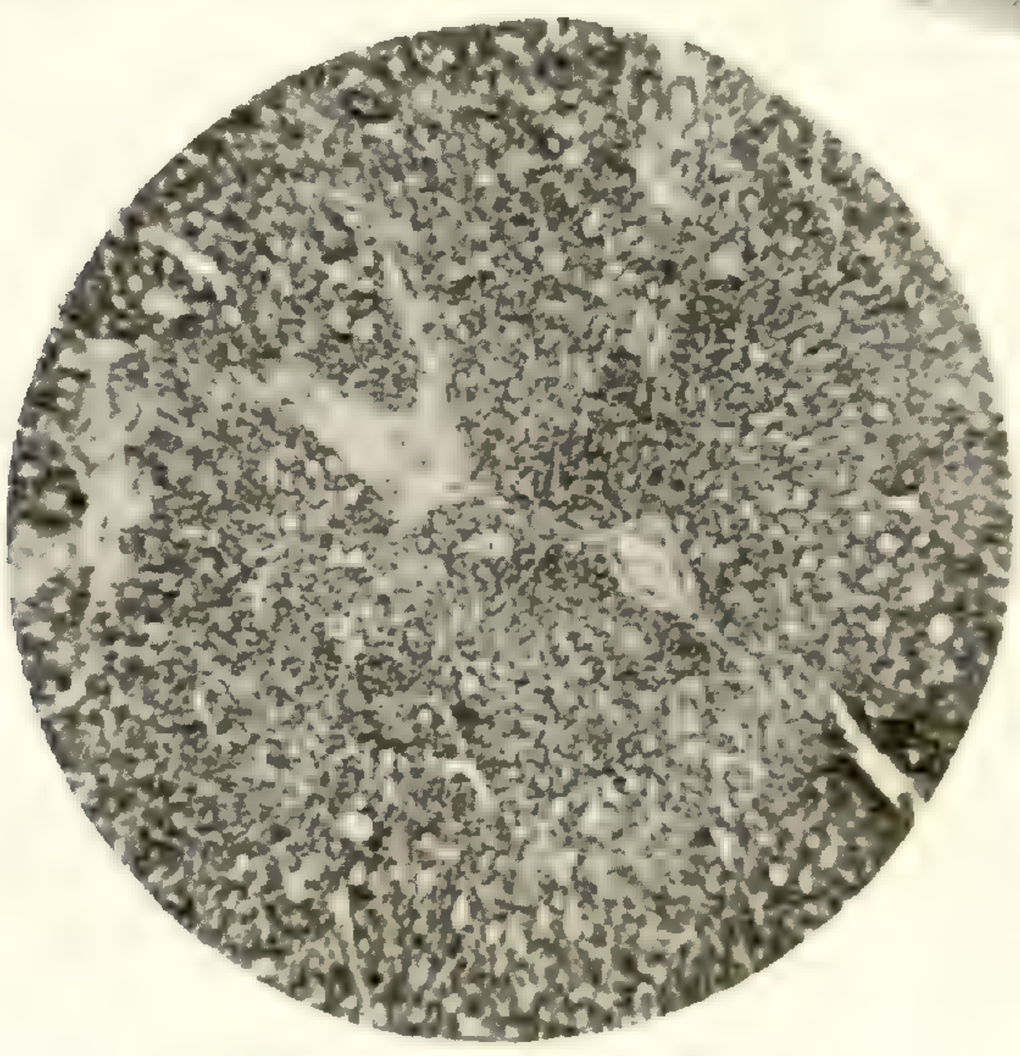
2.

3.

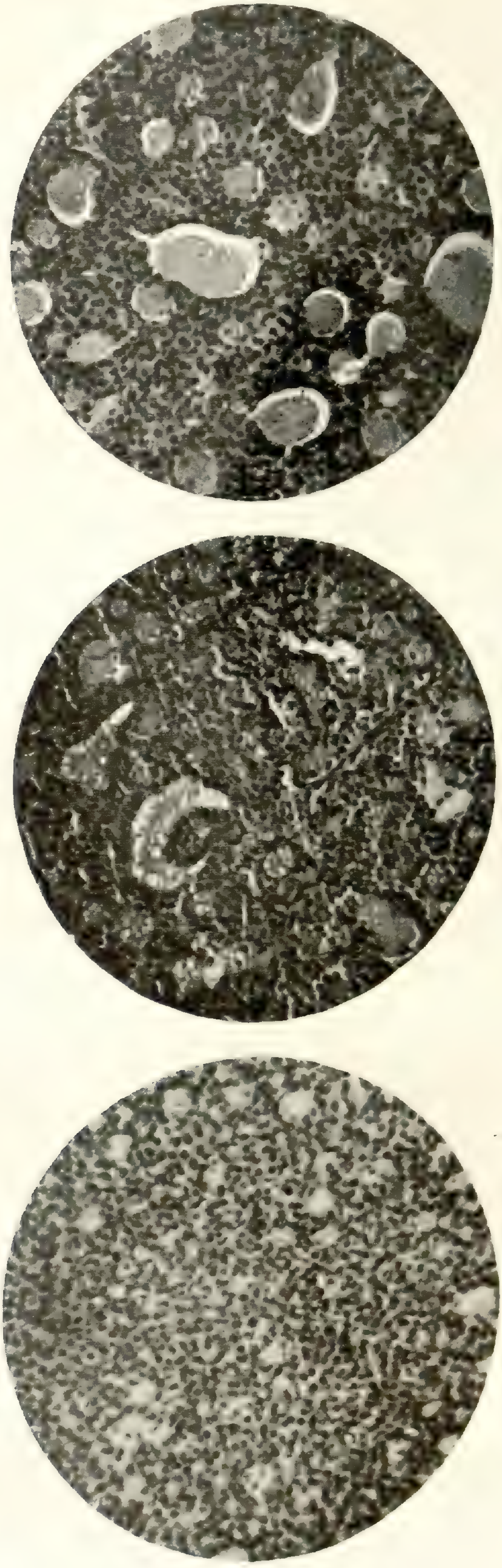




4.



5.



6.

7.

8.

setzung des Wassers ist gewiss nicht die direkte Ursache der Erkrankung. In den zahlreichen Untersuchungen, welche wir in dieser Richtung ausgeführt haben, trat ein Einfluss des Trinkwassers überhaupt nicht hervor. Doch kann nicht als bewiesen gelten, dass das Wasser in allen Fällen am Zustandekommen der kropfigen Veränderung der Schilddrüse unbeteiligt ist. Es wäre denkbar, dass manche Trinkwässer entweder chemisch oder durch ihre bakterielle Flora eine Rolle spielen, indem sie z. B. durch die in ihnen gelösten Salze die Ansiedlung einer gewissen Darmflora begünstigen oder durch ihren Keimgehalt (verunreinigte Brunnen etc.) die Verbreitung von Kropf- (Darm-) Bakterien fördern. In beiden Fällen kann aber die Rolle des Wassers, wie wir in den erwähnten Arbeiten gezeigt haben, höchstens eine untergeordnete sein. Hiefür dürften die vorliegenden Untersuchungen an Katzen, die ja bekanntlich nicht zu den starken Wasserkonsumenten gehören, einen weitern Beweis erbringen; auch haben wir grosse Strumen wiederholt schon bei Tieren beobachtet, welche kaum von der Mutter entwöhnt waren.

Weitere Untersuchungen in chemischer Richtung einerseits (Jodgehalt der Schilddrüsen verschiedener Gegenden, Erzeugung strumöser Veränderung durch chemisch genau bekannte Stoffe, oder Nachweis von ausgesprochen Jod-affinen Stoffen im Darminhalt kropfiger Individuen etc.), in epidemiologischer Richtung andererseits werden wohl zur Lösung dieses Problems führen; zu seiner Klärung einen kleinen Beitrag zu liefern war auch der Zweck der vorliegenden Mitteilung.

Erklärung der Abbildungen:

Tafel I. Nr. 1. Normale Katzen-Schilddrüse (Bözen, 0,3 g). Locker aneinander liegende Follikelbläschen. Verg. $^1/_{45}$.

Nr. 2. Schwach kropfige Drüse (Winterthur 0,6 g). Follikel etwas weiter durch Zellvermehrung von einander gerückt. $^1/_{45}$.

Nr. 3. Dieselbe Drüse wie Nr. 2. Dichtere Stelle, wo der lobuläre Bau schon verwischt ist. $^1/_{45}$.

Nr. 4. Struma colloides (Marthalen, 210 g). Unregelmässige, kolloidreiche Follikel mit starker Kernvermehrung zwischen denselben. $^1/_{45}$.

Nr. 5. Hochgradige diffuse, parenchymatöse Struma (Zürich, 0,8 g). $^1/_{45}$.

Tafel II. Nr. 6. Ein Teil von Präp. Nr. 3. Verg. $^1/_{200}$.

Nr. 7. Ein Teil von Präp. Nr. 4. Verg. $^1/_{200}$.

Nr. 8. Ein Teil von Präp. Nr. 5. Verg. $^1/_{200}$

Aus dem zoologisch-vergl. anatomischen Institut der Universität Zürich.

Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Nephridien niederer Oligochaeten.

Von

Yvonne Boveri-Boner.

(Als Manuskript eingegangen am 1. April 1920.)

Die ausführliche Arbeit, aus welcher hier ein Auszug gegeben werden soll, wurde unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. K. Hescheler im zoologisch-vergleichend anatomischen Institut der Universität Zürich ausgeführt und wird als Dissertation im Verlage von Gustav Fischer in Jena erscheinen.

Es sei mir auch an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, sowie Fräulein Privatdozent Dr. M. Daiber für das anregende Interesse, das sie meiner Arbeit immer entgegenbrachten, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

In diesem kurzen Auszug kann ich unmöglich auf die sehr zahlreichen Literaturnummern eingehen, die sich mit der Morphologie der Oligochaetennephridien befassen. Ich möchte nur zur allgemeinen Orientierung erwähnen, dass das einfachere Nephridium der Limicolen nach den Darstellungen von Vejdovský und Beddard meistens folgendermassen gegliedert ist: Es erstreckt sich über zwei Segmente; der Trichter, aus wenig Zellen aufgebaut, ragt in das vordere Segment hinein; sein Hals tritt durch das Dissepiment in das hintere Segment ein, und auf ihn folgt der grössere Teil des Nephridiums. Dieser besteht aus einem dicht hinter dem Dissepiment liegenden, angeschwollenen, drüsigen Abschnitt, dem sich daran anschliessenden, mehr oder weniger geschlungenen Kanal, und dem Ausführungsgang; der Exkretionsporus liegt meistens unmittelbar vor dem ventralen Borstenbündel. In jedem Segment kommt ein Paar Nephridien vor; in den ersten 5—6 Segmenten sind aber keine Nephridien vorhanden, sie werden zwar dort auch angelegt, degenerieren aber später; ebenso degenerieren sie bei der Geschlechtsreife in den Geschlechtssegmenten.

Über die Physiologie der Exkretionsorgane gehen die Ansichten

noch weit auseinander. Übereinstimmend sind die Autoren nur darin, dass nicht nur durch den Trichter Exkretionsstoffe aus der Cölomflüssigkeit aufgenommen werden, sondern auch durch die phagocytär wirkenden Wandungen des Nephridiums. Nach den meisten modernen Autoren wird vom Trichter allerdings nur Flüssigkeit aus dem Cölom aufgenommen.

Auch über die Entwicklung der Nephridien besteht noch keine allgemein anerkannte Ansicht. Nach den einen sind die Nephridien rein ektodermalen Ursprungs, nach den andern rein mesodermalen, und wieder nach andern entstehen sie aus doppelten Anlagen, aus einer ektodermalen und einer mesodermalen, die sich im Laufe der Entwicklung vereinigen.

In der mehr theoretischen Frage nach der Abstammung der Annelidennephridien und damit der Annelidenorganisation überhaupt stehen sich zwei Ansichten gegenüber: Diejenige Berghs, nach der man das Wassergefäss-System der Plattwürmer nur mit den Urnieren der Anneliden homologisieren darf, die definitiven Nieren der Anneliden hingegen die in den Dienst der Exkretion getretenen Geschlechtsleiter darstellen. Die segmentierte Leibeshöhle der Anneliden ist allerdings auch nach Berghs Meinung den Höhlen der Geschlechtsfollikel der Plattwürmer und Nemertinen homolog. Nach der andern Ansicht, der Einheitstheorie, die hauptsächlich von Lang und Goodrich verfochten wird, bilden die Kopfnieren und die definitiven hinteren Nephridien der Anneliden eine Reihe homologer Organe, die auf das Wassergefäss-System der Platoden zurückzuführen ist.

Eigene Untersuchungen.

Meine Untersuchungen beschränken sich auf die Nephridien folgender limicoler Oligochaeten:

Aeolosoma quaternarium Ehrenberg.
Chaetogaster diaphanus Gruithuisen.
Stylaria lacustris L.
Tubifex tubifex Müller.
Lumbriculus variegatus Müller.
Haplotaxis gordioides Hartmann.

Ich fixierte die Tiere meistens mit Sublimatlösung und färbte die Schnitte mit den gebräuchlichen Farbstoffen: Haemalaun, Haemateïn I. A. nach Apathy und Eosin, oder mit Boraxkarmin und Blochmannscher Lösung.

Die Nephridien von *Aeolosoma quaternarium* sind wohl infolge der Kleinheit der Tiere dieser Art sehr einfach gebaut: das ganze

Organ scheint aus einer drüsigen Masse zu bestehen, die von einem Kanallumen durchbohrt ist. Nach vorn ist das Nephridium birnförmig angeschwollen und liegt frei im Cölom; dieser Teil besitzt an seinem vorderen Pol eine trichterförmige Oeffnung, an deren Rand Wimpern inserieren; eine Wimperflamme zieht nach dem Lumen des Nephridialkanals, und ein Wimperkranz schlägt frei nach der Cölomhöhle. Eine einfache Schlinge zieht an der Seite des Darmes in die Höhe. Der Kanal besitzt vor seiner Mündung eine kleine Erweiterung. Am Nephridium sieht man nirgends Zellgrenzen, das Protoplasma ist wabig und granuliert, mit unregelmässig eingestreuten Kernen.

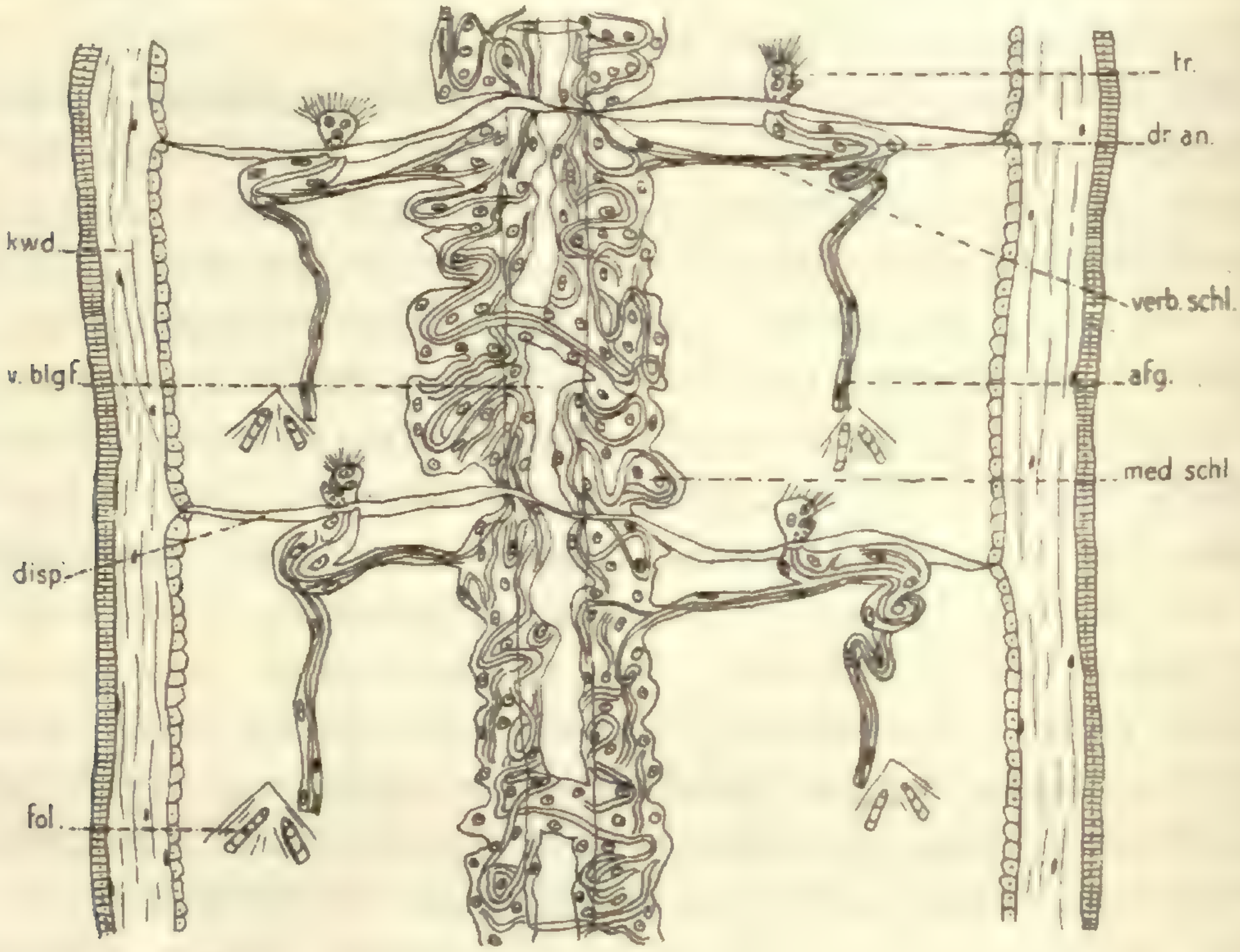
Das Nephridium von *Chaetogaster diaphanus* ist ganz abweichend von demjenigen anderer Oligochaeten gebaut. Jedes Nephridium ist bei Chaetogaster ein zweischenkliges U-förmiges Organ, das vor dem Borstenbündel des betreffenden Segmentes liegt, und dessen Bogen dorsal gerichtet ist. Das Nephridium ist auf ein Segment beschränkt und besitzt keinen Trichter; es besteht im Ganzen aus einer Gewebsmasse, die von feinen Kanälen in allen Richtungen durchzogen ist. In diesem zusammenhängenden Lacunensystem konnte ich keinen Hauptkanal mit Seitenzweigen, wie ihn Vejdovský beschreibt, unterscheiden. Wimpern waren weder beim Lebenden noch auf Präparaten im Kanallumen zu sehen. Es war mir unmöglich festzustellen, ob das Organ vom Peritoneum überzogen ist; alle Kerne, die ich an ihm beobachtete, schienen mir gleich zu sein und dem Nephridium anzugehören; ebensowenig konnte ich je Zellgrenzen an ihm entdecken.

Das Nephridium von *Stylaria lacustris* ist sehr einfach, fast schematisch in seinem Bau. Es besteht aus einem praeseptalen Trichter, einem angeschwollenen Postseptale, und aus einem von diesem abgehenden Kanal, der stark aufgeknäuelt ist. Der Trichter ist sehr einfach, er besteht nur aus zwei oder drei Zellen und trägt an seinem freien Rande protoplasmatische Fortsätze, zwischen denen lange feine Wimperhaare stehen. Nach dem Lumen hin zieht eine Wimperflamme, die bis in den postseptalen Teil hineinreicht. Die Wandung des angeschwollenen Postseptale enthält oft zahlreiche, mehr oder weniger grosse Einschlüsse, wahrscheinlich durch Phagocytose aufgenommene Exkretprodukte. Vom hinteren Pol dieses angeschwollenen Teils geht der Nephridialkanal ab, der als Hauptmasse des Nephridiums in der Cölomhöhle einen grösseren Knäuel bildet; dieser Knäuel besteht aus den Aufwindungen ein und derselben Schlinge, die von zwei parallelen Lumina, welche aber nirgends miteinander kommunizieren, durchbohrt wird. Beim Lebenden kann

man sehr gut beobachten, wie die Wimperung in den zwei parallelen Lumina immer in entgegengesetzter Richtung verläuft. Die Wandung der Nephridialkanäle ist nach aussen gleichmässig dick; zwischen den zwei Lumina ist die Wandung bedeutend dünner. Zellgrenzen konnte ich auch bei diesem Nephridium nirgends entdecken; ebensowenig konnte ich, entgegen Vejdovskýs Ansicht, an ihm einen peritonealen Überzug bemerken. Die Wimperung im Lumen scheint von Wimperflammen herzurühren, die im Verlauf des Kanals in gewissen Abständen angebracht sind.

Bei *Tubifex tubifex* sind die beidseitigen Nephridien eines Segments zuweilen verschieden stark ausgebildet, oft ist sogar in einem Segment nur ein Nephridium vorhanden, und immer sind gewisse Nephridialschlingen in ihrem Verlauf durch Peritonealzellen eng mit dem ventralen Blutgefäss verbunden. Ferner reichen bei den Nephridien von Tubifex tubifex nicht nur die Trichter, sondern auch noch Schlingenteile in das vorhergehende Segment, ohne dass sich dieselben jedoch mit den Schlingen des vorderen Nephridiums verbinden. Der Trichter bildet ein schmal ausgezogenes Rohr mit drei oder vier Kernen und mit einer stark ausgebildeten Wimperflamme. Der Trichterhals geht hinter dem Dissepiment in einen mehrfach auf sich selbst aufgewundenen Kanal über; dieser zieht dann in ziemlich geradem Verlauf im Peritoneum längs dem Ventralgefäss nach hinten bis zur Ampulle, in die er am vorderen Pol einmündet. Diese Ampulle ist eine für das Nephridium von Tubifex tubifex besonders charakteristische Bildung; sie enthält immer feinkörnige Konkretionen, wahrscheinlich Exkretprodukte. Der von der Ampulle abführende Kanal entspringt an ihrem hinteren Pol, verläuft noch ein Stück weit nach hinten, biegt dann um, geht nach vorn und durch das Dissepiment hindurch. Im hinteren Drittel des vorderen Segmentes biegt er wieder um, und dieser zurückgehende Kanal nimmt seinen Verlauf immer im Peritoneum, mit dem Blutgefäss eng verbunden, bis zur Ampulle; hinter dieser biegt er um und wendet sich wieder nach vorn; dann geht er seinem ersten Schenkel parallel von neuem durch das Dissepiment. Im vorderen Segment biegt er ungefähr auf der gleichen Höhe, auf der er entspringt, um und verläuft wieder im Peritoneum nach hinten. Im hinteren Segment biegt er im vorderen Drittel lateral ab und wird zum Ausführungsgang; vor dem Porus besitzt er eine unregelmässig ausgesackte Erweiterung. Das Gewebe des Nephridialkanals ist histologisch immer scharf zu scheiden von dem umgebenden Peritonealgewebe; zwischen beiden sind scharfe Zellgrenzen zu sehen. Die Kerne der Nephridialkanäle

sind meistens etwas grösser, mit hellerem Chromatin, als diejenigen des Peritoneums. An den Nephridialschlingen konnte ich nie Zellgrenzen unterscheiden, im Peritoneum sind sie dagegen sehr deutlich. An der Umbiegungsstelle des im Peritoneum verlaufenden Kanals verändert sich die Wandung desselben; ihr Volumen schwillt stark an, und zwischen den Plasmasträngen liegen grössere Granula, wahrscheinlich durch Phagocytose aufgenommene Exkretionsprodukte.



Lumbriculus variegatus. **Nephridien.**

kwd. = Körperwand; v. blgf. = ventrales Blutgefäss;
disp. = Dissepiment; fol. = Borstenfollikel;
tr. = Trichter; dr. an. = drüsige Anschwellung;
verb. schl. = Verbindungsschlinge; afg. = Ausführungsgang;
med. schl. = mediale Schlingen.

Andere Bildungen, die nicht direkt mit den Nephridien zusammenhängen, waren bei Tubifex tubifex immer auffallend. Ich fand solche sonst nur bei höheren Oligochaeten beschrieben und möchte sie als phagocytäre Organe ansprechen. Man findet sie bei Tubifex tubifex als traubenförmige Gebilde fast in allen Segmenten auf der dorsalen Seite des Darmes, im Winkel zwischen ihm und dem Dissepiment. Muskelzüge, die aus der Darmmuskulatur sich abzweigen, bilden das Gerüst, an dem sich die vermutlich phagocytären birnförmigen Zellen mit ihren Stielen anheften. Die Zellen besitzen ein wabiges Plasma; in den peripher gelegenen besonders werden verschiedene

homogene Einschlüsse angetroffen, die sich verschieden stark mit dem Plasmafarbstoff färben; auch in den Maschen des Gerüstes findet man oft Häufchen solcher Körner.

An den Nephridien von *Lumbriculus variegatus* ist eine eigentümliche Bildung zu erkennen, die ich mit Hilfe der beigefügten schematischen Textfigur eingehender darzustellen versuche. Die aufeinanderfolgenden Nephridien und die in einem Segment rechts und links liegenden sind nämlich durch besondere medial gelegene Schlingenteile verbunden. Ich unterscheide darum zur leichteren Verständigung an diesen Nephridien (Textfigur) den antesptalen Trichter, im Postseptale einen drüsig angeschwollenen Teil, der unmittelbar hinter dem Dissepiment liegt; von dessen hinterem Pol gehen zwei Schlingen ab; die eine, der Ausführungsgang, verläuft ventralwärts nach hinten zum Exkretionsporus; die andere verläuft ziemlich gerade gestreckt medianwärts und verbindet sich mit dem durch alle Segmente ziehenden medialen Kanalsystem. Dieses Kanalsystem bildet eine an den Seiten des Ventralgefässes gelegene und auf dasselbe übergreifende Zellwucherung; ihr lateraler Rand ist unregelmässig gelappt und flottiert frei in der Cölomhöhle. Innerhalb dieser Zellmasse beobachtet man ein wirres Durcheinander von Kanallumina.

Am Trichter kann man deutlich zwei Lippen unterscheiden, eine dreizellige, grössere, medio-dorsale und eine kleinere, latero-ventrale. Von der mittleren Zelle der dorsalen Lippe geht eine starke Wimperflamme nach dem Lumen ab. Im drüsigen Postseptale bildet das Kanallumen Aussackungen, die sich untereinander zu einem Lacunensystem verbinden. Dieser Teil kann in seinem Plasma ganz verschiedene Einschlüsse enthalten, grosse oder ganz feine, die sich auch verschieden färben; wahrscheinlich werden sie durch Phagocytose aus dem Cölom aufgenommen und in diesem Teil verarbeitet; ihr verschiedenartiges Aussehen entspricht den verschiedenen Stufen des Exkretionsprozesses. Die Verbindungsschlinge zwischen dem drüsigen Teil und den medialen Schlingen enthält zwei nebeneinander parallel verlaufende Lumina. Das eine bildet sich aus dem Lacunensystem des Filters und führt zu dem medialen Kanalsystem; das andere kommt von diesem und geht in den Ausführungsgang über. Die Wandung dieses Verbindungsrohres ist gleichmässig dick mit eingestreuten Zellkernen; das Plasma ist fein granuliert. Bei den medialen Schlingen war es mir wegen der Feinheit der Lumina und ihrer grossen Verworrenheit unmöglich, den genauen Kanalverlauf festzustellen. Das einzige, was sich mit Sicherheit sagen lässt, und was

ich beim Lebenden beobachten konnte, ist, dass die Kanäle von rechts nach links ziehen und ebenfalls durch die Dissepimente von einem Segment zum andern. Die Lumina verlaufen meistens zu zwei oder drei parallel in den verschiedensten Richtungen; nie konnte ich aber eine Verzweigung eines Lumens beobachten, sodass ich kaum glaube, dass man diese Bildungen den Mikronephridien der Terricolen gleichstellen darf, deren Lumina doch ein Netzwerk bilden, oder dem nephridialen Netzwerk von Pontobdella. Auch in diesen Teilen ist das Plasma fein granuliert. Zellgrenzen sind niemals wahrnehmbar. Der Ausführungsgang bildet einige spiralige Windungen; vor dem Porus besitzt er eine kleine Erweiterung. Beim lebenden Lumbriculus beobachtet man in allen Kanalteilen, auch in den medialen Schlingen, eine lebhafte Wimperung: auf Schnitten kann man aber nur schwer Wimpern mit Sicherheit feststellen. Im normalen Schwanzende reichen die Nephridien, sowie die medialen Schlingen, bis zu den hintersten Segmenten; in einem regenerierenden Hinterende hingegen beobachtete ich nur paarige getrennte Nephridialanlagen; von einem medialen Kanalsystem war noch keine Spur zu sehen.

Das einzelne Nephridium stellt bei *Haplotaxis gordioides* ein ziemlich kompaktes Organ dar, das die Cölomhöhle fast ganz ausfüllt. Man kann daran den Trichter, den Kanal und das umhüllende Peritoneum, das hier sehr stark entwickelt ist und der Masse nach den Hauptbestandteil des Nephridiums darstellt, unterscheiden. Der Trichter öffnet sich im vorderen Segment und ist demjenigen der Lumbriciden sehr ähnlich; seine grössere medio-dorsale Oberlippe besteht aus einem Kranz zylindrischer Randzellen, welche eine grössere Zentralzelle umgeben. Die Randzellen tragen Wimpern, die ins Cölom hineinreichen, und die Zentralzelle eine ins Lumen ziehende Wimperflamme. Die kleinere Unterlippe besitzt zwei oder mehrere Reihen dicht nebeneinanderliegender Kerne. Trichter und Trichterhals sind aussen vom Peritoneum bekleidet. Hinter dem Dissepiment bildet der Nephridialkanal einen Plexus, der sich aber bald wieder in einen einzigen Kanal mit geschlängeltem Verlauf sammelt. Dieser Kanal verläuft zuerst medial nach hinten oben, dann biegt er nach vorne und unten um, und wird ventral verlaufend zum Ausführungsgang. An der Kanalwandung sind keine Zellgrenzen zu sehen. Das Peritoneum umgibt alle Teile des eigentlichen Nephridiums und kann morphologisch und wohl auch funktionell nicht von ihm getrennt werden, indem durch seine starke Ausbildung das kompakte Organ zustande kommt, das wir als Nephridium bezeichnen. Von der Plexusregion des Nephridialrohrs an, bis zum Beginn des Aus-

führungsganges, ist der Kanal von einer Masse grosser, blasig aufgetriebener Peritoneumzellen umgeben; ihr Plasma ist von feinwabiger Struktur. Die Zellgrenzen sind meistens wahrnehmbar, und sehr oft besitzt eine Zelle zwei Kerne. Muskelfasern, die von der dorsalen Längsmuskulatur ausgehen und fächerförmig sich im Nephridium ausbreiten, befestigen dasselbe in der Leibeshöhle. Ausserdem dient das Peritoneum, das als flache Doppellamelle von der Körperwand zum Nephridialkanal zieht, wo seine Zellen allmählich immer grösser werden, als Aufhängeapparat für das kompakte Organ. Es scheint mir wahrscheinlich, dass den stark ausgebildeten Peritoneumzellen eine phagocytäre Funktion zukommt, dass die aus der Cölomflüssigkeit aufgenommenen Exkretstoffe in ihnen abgebaut, dem Kanal zugeführt und durch den Flüssigkeitsstrom zum Porus geschwemmt werden. So trifft man nämlich als erste sichtbare Spur dieser Tätigkeit im Innern der Nephridien sehr oft in Auflösung begriffene Borsten, oder grosse, verschmolzene Zellterritorien mit granuliertem Plasma, in denen Kerne, die oft Degenerationsmerkmale aufweisen, in ungeordneten Haufen liegen. Als letzte Folge dieser Phagocytose aber, beobachtet man oft, ebenfalls im Innern des Nephridialkörpers, grössere Höhlen.

Zusammenfassung.

Betrachtet man nun die verschiedenen Nephridien dieser Arten der Limicolen vergleichend-anatomisch, so ist es schwierig, allgemein gültige morphologische Merkmale zu entdecken. Weder in der Trichterbildung, noch im Bau der Schlingen, noch in der Peritonealbekleidung herrscht ein einheitlicher Charakter, und die Veränderungen in diesen Teilen gehen nicht parallel, sodass man eine einzige auf- oder absteigende Reihe bilden könnte.

Einige Punkte geben Anlass zu theoretischen Folgerungen, die aber noch der Bestätigung durch erneute embryologische Studien bedürfen. Kann man wohl die geschlossenen Nephridien der Chaetogastriden mit den primitiv geschlossenen Nephridien der Polychaeten vergleichen, oder stellen sie vielmehr einen stark spezialisierten Abschnitt des gewöhnlichen offenen Oligochaetennephridiums dar?

Die Wimperflammen im Nephridialkanal von Stylaria sind nach der Einheitstheorie ein primitives Merkmal, das an die Wimperflammen des Platodenwassergefäss-Systems erinnert.

Das mediale Kanalsystem hingegen von Lumbriculus scheint nicht mit dem Wassergefäss-System der Platoden verglichen werden zu dürfen, es ist zu abweichend von diesem gebaut, und scheint eher

eine für Lumbriculus charakteristische Bildung zu sein, die durch die Spezialisierung eines bestimmten Nephridialabschnittes entstanden ist.

Besonders aber können die theoretisch wichtigen Fragen, die mit dem verschiedenen Verhalten des peritonealen Überzugs der Oligochaetennephridien und mit der verschiedenen Ausbildung der Nephridialtrichter zusammenhängen, nur durch neue embryologische Untersuchungen gelöst werden, wobei zu berücksichtigen ist, dass nach der Angabe einzelner Autoren ein Teil des Trichters bei den höheren Formen aus einer besonderen Anlage entstehen soll.

Zu Chrystals Theorie der Eigenschwingungen stehender Gewässer (Seiches).

Von

Ernst Meissner.

(Als Manuskript eingegangen am 10. Mai 1920).

Forels Untersuchungen über die periodischen Seespiegelschwankungen des Genfersees (Seiches) sind der Ausgangspunkt einer ausgedehnten Seichesforschung geworden.[1]) Eine mathematische Theorie dieser Eigenschwingungen wurde durch den Schotten Chrystal aufgestellt und zu einem gewissen Abschlusse gebracht. Bei diesen für den praktischen Gebrauch entwickelten Untersuchungen handelt es sich nicht um Lösungen des Problems der Schwingungen einer Flüssigkeit in einem Gefäss im streng hydrodynamischen Sinne. Solche sind nur für ganz einfache Gefässformen bekannt.[2]) Die Chrystalsche Theorie stellt sich die Aufgabe, bei gegebener Form des Wasserbeckens die Perioden der Fundamentalschwingungen und die Lage der zugehörigen Knotenlinien annäherungsweise zu berechnen, um den Vergleich mit der Erfahrung zu ermöglichen.

Die Abweichungen dieser Näherungstheorie von der strengen Lösung beruhen auf zwei verschiedenen Umständen:

Um partielle Differentialgleichungen zu vermeiden, muss der See länglich, im Verhältnis zur Länge wenig tief, und von nicht sehr stark veränderlicher Breite und Tiefe vorausgesetzt werden. Wenn dann noch einige Annahmen über den Bewegungszustand zugelassen werden, die auf das Ausserachtlassen von Nebenbewegungen herauslaufen, so führen die hydrodynamischen Bewegungsgesetze auf eine totale Differentialgleichung zweiter Ordnung, die den Schwingungsvorgang beherrscht, und die Theorie wird analog zur Schwingungstheorie einer Saite mit veränderlicher Dichte. In die Gleichung selbst geht nur eine einzige, von Seebreite und Querschnitt abhängige Funk-

[1]) Über die Literatur vergleiche man

Chrystal: On the hydrodynamical Theory of Seiches. Trans. R. Soc. Edinburgh. Vol. XLI. 1906.

[2]) Vergl. H. Lamb, Hydrodynamics, Cambridge 1916. Art. 258.

tion (die Normalfunktion des Sees) ein. Sie charakterisiert den See in bezug auf sein Seiches-Verhalten vollständig. Das bewirkt, dass man ohne Verlust an Allgemeinheit die Breite als konstant, und die Tiefe als nur in der Längsrichtung veränderlich ansehen kann, was in Zukunft geschehen soll.

Für einfache Tiefengesetze kann man leicht Lösungen der erwähnten Differentialgleichung angeben. Chrystal[1]) behandelt denn auch Seeprofile, die sich aus geraden und parabolischen Stücken zusammensetzen, sowie den Fall einer besondern Profilkurve vierten Grades (Quatric Lake). In § 2 werden diese Beispiele um ein neues vermehrt.

Um nun seine Theorie auf empirisch gegebene Profile mit ihrem naturgemäss recht unregelmässigen Verlauf anwenden zu können, geht Chrystal folgendermassen vor:

Die aufgenommene Normalkurve des Sees wird, so gut es geht, durch eine Reihe gerader oder parabolischer Stücke ersetzt. Für jedes Teilstück ist die Lösung bekannt; man hat nur alle Teillösungen zu einer einheitlichen zu verschmelzen, indem man an den Intervallsgrenzen gewisse Anschlussbedingungen erfüllt. Aber gerade dieses Anpassen der Teillösungen aneinander ist praktisch eine schon bei kleiner Intervallzahl recht mühsame Sache, um so mehr, als die den Parabelbögen entsprechenden Lösungen durch komplizierte hypergeometrische Reihen (Seiches-Funktionen) gegeben sind. Die Anzahl der Bogenstücke, mit der man die Normalkurve annähert und von der die erzielte Genauigkeit wesentlich abhängt, ist praktisch mit Rücksicht auf die notwendig werdende Rechnungarbeit an enge Grenzen gebunden. Damit aber entfällt die Möglichkeit, die feinern Einzelheiten der Profilkurve zu berücksichtigen. In den zwei von Chrystal[2]) behandelten Beispielen des Loch Earn und des Loch Treig, die als Muster regelmässiger Seen gelten können, wird durch zwei Parabeln mit gemeinsamem Scheitel approximiert. Die Abweichungen dieser sog. Biparabel betragen aber stellenweise 20—50 %. Bei der Anwendung des Verfahrens auf den Walensee ergibt sich ähnliches.[3])

Unter diesen Umständen kann man die Frage aufwerfen, ob es einen Sinn hat, an den strengen Lösungen der Chrystalschen Diffe-

---

[1]) a. a. O. oder auch Rudzki, Physik der Erde. Leipzig 1911.

[2]) Chrystal. On the Periods and Nodes of Lochs Earn and Treig. Trans. R. Soc. Edinburgh. Vol. XVI. 1906.

[3]) Schweitzer. Die Seiches des Walensees. Mittlgn. d. physik. Ges. Zürich. 1908.

rentialgleichung festzuhalten. In den Voraussetzungen der Theorie und in der Verwendung einer künstlich zurechtgestutzten Normalkurve liegen wesentliche Fehlerquellen. Anderseits lassen sich praktisch die Perioden, und ganz besonders die Knotenlinien, nicht sehr genau beobachten. Endlich sind meistens nur die 2—3 ersten Normalschwingungen von Interesse.

Es liegt daher der Gedanke nahe, die Chrystalsche Gleichung durch das zugehörige Variationsproblem zu ersetzen und dieses nach einer von Rayleigh [1]) vielfach mit Erfolg verwendeten Methode zu lösen. Dem Verzicht auf eine häufig wohl illusorische Genauigkeit steht dann der Vorteil entgegen, dass jetzt nur Quadraturen ausgeführt zu werden brauchen. Man kann diese durch Instrumente an der unveränderten, wahren Normalkurve mechanisch ausführen.

Im folgenden soll untersucht werden, ob auf diese Weise eine Genauigkeit zu erwarten ist, die mit derjenigen der Christalschen Theorie in Konkurrenz treten kann. Es scheint mir, dass die Ergebnisse dies für viele Fälle bejahen.

Erwähnt mag noch werden, dass das Rayleigsche Verfahren auch auf Seen beliebiger Form anwendbar ist, sobald der Schwingungsmodus ungefähr bekannt ist.

§ 1.

Die Theorie von Crystal. Einfache Lösungen.

Es bedeute im folgenden:

ox die in der Längsrichtung des Sees an seiner Oberfläche gemessene Abszisse,

$x = a$, $x = c$, die Abszissen der Seeenden, $L = c - a$ seine Länge,

b die (konstante) Breite des Sees,

$Q(x)$ den Flächeninhalt des Querschnittes (x),

$h(x)$ die mittlere Tiefe desselben, sodass $Q(x) = b \cdot h(x)$,

$\xi(x)$ die horizontale Verschiebung der ursprünglich im Querschnitt (x) liegenden Wasserteilchen in der Richtung $o\,x$,

$\zeta(x)$ die Erhebung des Wasserspiegels im Querschnitt (x) über die Gleichgewichtslage,

g die Beschleunigung der Schwere.

Unter der Annahme, dass die auftretenden Grössen nur von x und der Zeit t abhängen und dass die Bewegung klein sei, lautet dann die Kontinuitätsgleichung:

$$\zeta = -\frac{\partial}{\partial x}(h\,\xi) \qquad (1)$$

---

[1]) Rayleigh. Theorie des Schalles. Art. 89.

Als Bewegungsgleichung erhält man anderseits

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = -g \frac{\partial \xi}{\partial x} \tag{2}$$

Setzt man noch $$u = h \cdot \xi \tag{3}$$

so ergibt die Elimination von ξ hieraus die Chrystalsche Differentialgleichung

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = g \cdot h(x) \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \tag{4}$$

Entweder sind nun die Seeufer an den Enden vertikal; dann ist dort $\xi = 0$. Oder der See verläuft an den Enden flach; dann ist dort $h = 0$. Somit lauten die Randbedingungen

$$\text{für } u = 0, \text{ für } x = a \text{ und } x = c \tag{5}$$

Um die n-te Fundamentalschwingung zu finden, setzt man

$$u = \cos(m_n \cdot t) \cdot U_n \tag{6}$$

und bekommt für U_n

$$\frac{\partial^2 U_n}{\partial x^2} + \frac{m_n^2}{g h} U_n = 0 \tag{7}$$

mit den Randbedingungen

$$U = 0, \text{ für } x = a \text{ und } x = c \tag{7}$$

Die Perioden der verschiedenen Normalschwingungen, $T_n = \frac{2\pi}{m_n}$ bestimmen sich aus den Eigenwerten von (7). Wegen

$$\xi = -\cos(m_n \cdot t) \frac{\partial U_n}{\partial x} \qquad \frac{\partial \xi}{\partial x} = \cos(m_n t) \cdot \frac{m_n^2}{g h} \cdot U_n \tag{8}$$

bestimmt man die Lage der Schwingungsbäuche und Knoten resp. aus $$U_n = 0 \qquad \text{und} \qquad \frac{\partial U_n}{\partial x} = 0 \tag{9}$$

Die Abszissen der Knoten seien mit x_{n1}, x_{n2} u. s. f. bezeichnet.

Beispiel I. Konstante Tiefe h,
$a = 0$, $c = L$

$$U_n = \sin\left(\frac{n\pi}{L} x\right) \qquad T_n = \frac{2L}{\sqrt{g h}} \cdot \frac{1}{n} \cdot \qquad x_{ni} = \frac{L}{2n}(2i + 1)$$

Beispiel II. Parabolischer See. Tiefengesetz

$h = h_1 \left(1 - \frac{4x^2}{L^2}\right)$; $a = -\frac{L}{2}$ $\quad c = +\frac{L}{2}$ $\quad P_n$ sei das n-te Legendresche Polynom. Dann ist

$$U_n = \int_{-}^{\frac{2x}{L}} P_n(z)\,dz \qquad T_n = \frac{2\pi}{\sqrt{g\,h_1}} \cdot \frac{L}{2\sqrt{n(n+1)}} \qquad x_{ni} = \frac{L}{2} \cdot y_{ni}$$

Mit y_{ni} sind die Nullstellen von P_n bezeichnet.

Die Knotenlinien verschieben sich gegen die seichten Seeenden.

Die Schwingungsperioden sind bei diesem See vom Pegelstand unabhängig. [1])

Beispiel III. Halbparabolischer See.

Das Profil ist die Hälfte des vorigen. Im Scheitel der Parabel wird der See durch eine vertikale Wand begrenzt.

Die Eigenschwingungen sind identisch mit den geradzahligen

---

[1]) Es gibt keinen andern symmetrischen See mit analytischem Profil von dieser Eigenschaft, wie sich folgenderweise zeigen lässt:

Sei $y\ (x)$ die von der Scheiteltangente aus gemessene Ordinate des Profils, die Seeenden seien in $x = \pm a$. Man setze

$$\xi = \frac{x}{a} \qquad s(x) = \frac{y(x)}{x^2} \qquad s(a) - \xi^2\, s(\xi\, a) = A(\xi\,;a)$$

Für U_1 gilt jetzt

$$\frac{d^2\,U_1}{d\,\xi^2} + \frac{m_1^2\;U_1}{A(\xi\,;a)} = 0 \qquad U_1(-1) = 0 \qquad U_1(+1) = 0$$

Sinkt der Seespiegel soweit, dass die Seeenden in $x = \pm b$ zu liegen kommen, und bedeutet V_1 die zu U_1 analoge Lösung von

$$\frac{d^2\,V_1}{d\,\xi^2} + \frac{m_1^2\,V_1}{A(\xi;b)} = 0 \qquad V_1(-1) = 0 \qquad V_1(+1) = 0$$

wobei m_1 denselben Wert beibehalten soll, so folgt die Greensche Relation

$$\left[U\,\frac{dV}{d\,\xi} - V\,\frac{dU}{d\,\xi}\right]_{-1}^{+1} = m_1^2 \int_{-1}^{+1} U \cdot V \cdot \left\{\frac{1}{A(\xi\,;a)} - \frac{1}{A\,[\xi\,;b]}\right\} d\,\xi = 0$$

in Rücksicht auf die Randbedingungen. Da U_1 und V_1 im Innern des Integrationsintervalls nicht verschwinden, gibt es einen Wert ξ' so, dass

$$|\,\xi'\,| < 1 \qquad \text{und} \qquad A(\xi'\,;a) = A(\xi'\,;b)$$

d. h.
$$s(a) - s(b) = \xi'^2 \cdot \left\{ s(\xi'\,a) - s(\xi'\,b) \right\}.$$

Vertauscht man hierin a und b mit $\xi' \cdot a$ und $\xi' \cdot b$, so erhält man

$$s(\xi'\,a) - s(\xi'\,b) = \xi''^2 \left\{ s(\xi'\,\xi''\,a) - s(\xi'\,\xi''\,b) \right\} \qquad |\,\xi''\,| < 1$$

und indem man so fortfährt und die erhaltenen Gleichungen kombiniert:

$$s(a) - s(b) = z_n^2 \left\{ s(z_n\,a) - s(z_n\,b) \right\} \qquad z_n = \xi' \cdot \xi'' \cdots \xi^{(n)}$$

Die $|z_n|$ werden mit wachsendem Index immer kleiner. Ist $\lim_{n\,\infty} |z_n| = 0$,

so folgt
$$s(a) = s(b) \qquad (\alpha)$$

Ist der Grenzwert von $|z_n|$ endlich, so kommt man ohne Schwierigkeit zum selben Resultat. Die Beziehung (α) entspricht aber dem parabolischen Profil *Q. e. d.*

des Beispiels II, die im Scheitel der Bedingung $U = V$ genügen. Dementsprechend ist

$$T_n = \frac{2\pi}{\sqrt{g\,h_1}} \cdot \frac{L}{\sqrt{2n(2n+1)}} \qquad x_{ni} = \frac{L}{2} \cdot y_{2n,i}$$

Beispiel IV. Tiefengesetz linear. $h = \frac{h_1}{L} \cdot x$ $a=0$ $c=L$

Ist $J_k(x)$ die k-te Besselsche Funktion 1. Art, und sind j_{k1}, j_{k2}, etc. ihre Nullstellen, so wird

$$U_n = x^{1/2} \cdot J_1(\tau x^{1/2}) \quad \text{wo } \tau = \frac{j_{1n}}{L^{1/2}}; \qquad \frac{dU_n}{dx} = \frac{\tau}{2} J_o(\tau x^{1/2})$$

Ferner

$$T_n = \frac{2\pi}{\sqrt{g\,h_1}} \quad \frac{2L}{j_{1n}} \qquad x_{ni} = \frac{j_{oi}}{j_{1n}^2} \cdot L$$

Beispisl V. Symmetrischer See mit linearem Tiefengesetz.[1])

Er entsteht aus dem vorigen, indem man sein Spiegelbild bezüglich der Vertikalebene durch $x = L$ hinzufügt.

Die Normalschwingungen des Beispiels IV sind auch hier solche. Ausser diesen existiert noch eine 2. Reihe, die aus den zu $x = L$ symmetrischen, also durch

$$\left[\frac{dU}{d\xi}\right]_{x=L} = 0$$

charakterisierten Lösungen durch Spiegelung entstehen. Für sie wird

$$T_m = \frac{2\pi}{\sqrt{g\,h_1}} \cdot \frac{2L}{j_{on}}$$

und der Abstand der Knoten von den Enden ist

$$x_{mi} = \left(\frac{j_{oi}}{j_{on}}\right)^2 \cdot \frac{L}{2}.$$

§ 2.

Ein neues Beispiel.

Tiefengesetz:

$h(x) = Q \cdot x \cdot (q - x)^3$ Fig. 1.

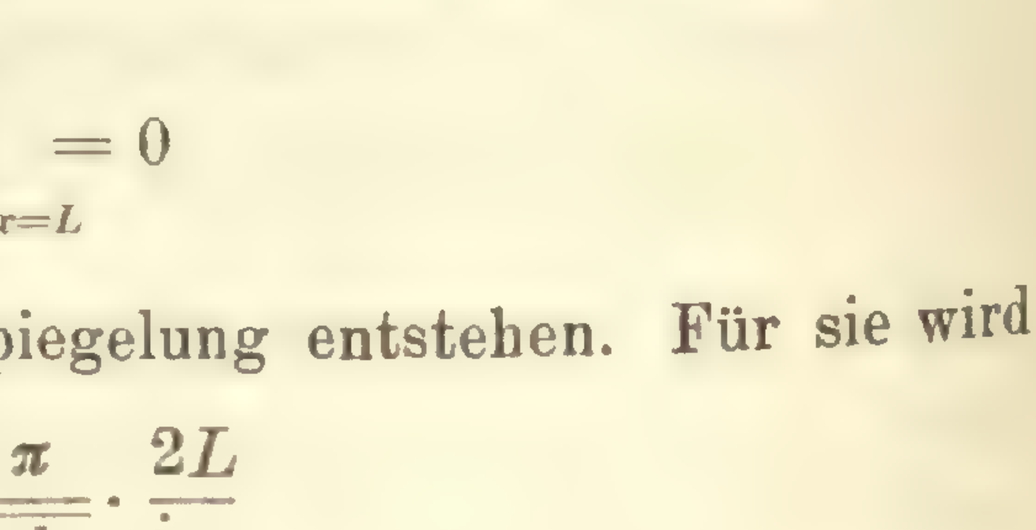


Fig. 1.

[1]) Lamb, a. a. O. Art. 185.

Die zugehörige Lösung von (7) lautet

$$U_n = \sqrt{x \cdot (q-x)} \cdot I_1\left(\sigma \sqrt{\frac{x}{q-x}}\right) \qquad \sigma = \frac{2\, m_n}{q \sqrt{Q \cdot g}}$$

wo $I(y)$ die allgemeine Lösung von

$$\frac{d^2 I}{d y^2} + \frac{1}{y}\frac{d I}{d y} + \left(1 - \frac{1}{y^2}\right) I = 0$$

bedeutet. Ist sonach J_1 die erste Besselsche Funktion 1. Art, Y_2 diejenige 2. Art, so ist

$$I = A\, J_1 + B\, Y_1$$

und die Randbedingungen ergeben die Frequenzgleichung:

$$J_1\left(\sigma \sqrt{\frac{a}{q-a}}\right) Y_1\left(\sigma \sqrt{\frac{c}{q-c}}\right) - J_1\left(\sigma \sqrt{\frac{c}{q-c}}\right) \cdot Y_1\left(\sigma \sqrt{\frac{a}{q-a}}\right) = 0$$

Das Tiefenprofil hat die in Fig. 1 gegebene Form. Natürlich ist stets $a > 0$, $c < q$ zu nehmen. Der Scheitel S liegt bei $x = q/4$, die Wendestelle W bei $x = q/2$. Die Scheiteltiefe ist $H = \frac{27}{256} Q q^4$.

Beispiel VI. Liegt das linke Seeende in 0, wo die Tiefe null wird, so vereinfacht sich die Frequenzengleichung zu

$$J_1\left(\sigma \sqrt{\frac{L}{q-L}}\right) = 0$$

Dem entsprechend ergibt sich die Schwingungsdauer aus

$$T_n = \frac{2\pi}{\sqrt{g H}} \cdot \frac{3\sqrt{3}}{8} q \cdot \sqrt{\frac{L}{q-L}} \cdot \frac{1}{j_{1n}} \qquad (10)$$

Beispiel VI′. Der See reicht bis zum Scheitel S.

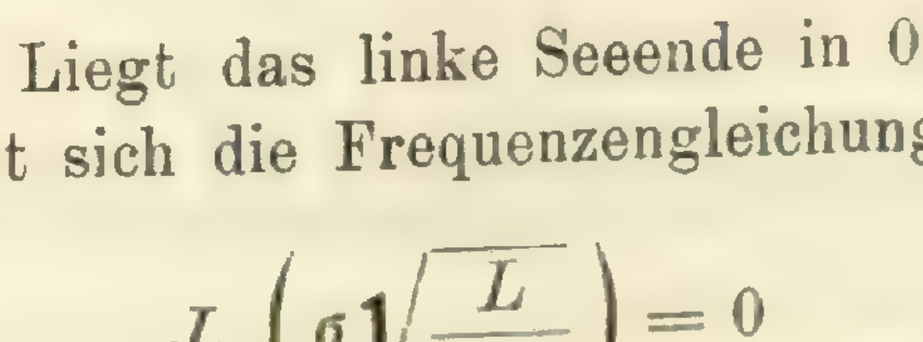


Fig. 2.

Er wird

$$T_n = \frac{2\pi}{\sqrt{g H}} \frac{3 L}{2} \cdot \frac{1}{j_{1n}} \qquad (11)$$

Beispiel VI''. Der See reicht bis zur Wendestelle.

Hier ist

$$T_n = \frac{2\pi}{\sqrt{gH}} \cdot \frac{3\sqrt{3}}{4} L \cdot \frac{1}{j_{1n}} \tag{12}$$

Für $L = q$ erhält man aus (10) unendlich grosse Werte von T_n. Das rührt davon her, dass für einen solchen, am einen Ende von höherer Ordnung seichten See die Voraussetzungen der Theorie nicht mehr zutreffen.

Beispiel VII. Assymmetrischer See.

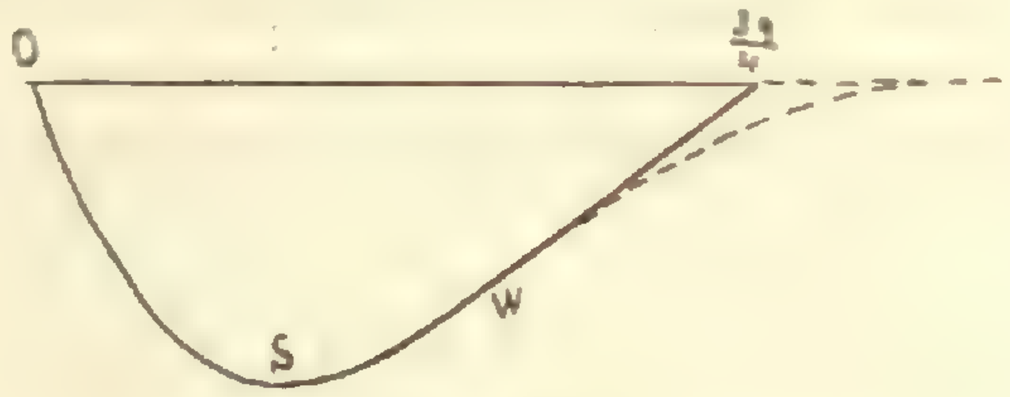


Fig. 3.

Man erhält ein brauchbares, assymetrisches Profil dadurch, dass man von der Wendestelle W an die Kurve durch ihre Wendetangente ersetzt (Fig. 3). Für $x < q/2$ gilt dann die Lösung

$$U_n^* = A\sqrt{x(q-x)}\, J_1\left(\sigma\sqrt{\frac{x}{q-x}}\right) \tag{13}$$

Die Wendetangente schneidet den Seespiegel in $x = \frac{3q}{4}$. Zwischen $x = q/2$ und dieser Stelle gilt die dem geradlinigen Profil entsprechende Lösung (Beispiel IV)

$$U_n^{**} = B \cdot \sqrt{\frac{3q}{4} - x} \cdot J_1\left(\tau\sqrt{\frac{3q}{4} - x}\right)$$

Für $x = q/2$ müssen nach (3), (6) und (8) die Bedingungen erfüllt werden:

$$U_n^* = U_n^{**} \qquad \frac{dU_n^*}{dx} = \frac{dU_n^{**}}{dx}$$

Das gibt für die Perioden $T = \frac{2\pi}{m_n}$ die Frequenzgleichung

$$[J_1(\sigma) + 2\sigma J_1'(\sigma)]\, J_1(\sigma) = 0 \qquad \left(\sigma = \frac{2m_n}{q\sqrt{Qg}}\right)$$

Den Wurzeln $J_1 = 0$ entsprechen Schwingungsvorgänge, bei denen die beiden Teile des Beckens links und rechts von W gerade so schwingen, wie wenn sie in W durch eine vertikale Wand geschieden wären. Diese

Wurzeln werden separiert von den Werten, die den Klammerausdruck zu null machen. Der kleinste derselben ist

$$\sigma = 2{,}165$$

und liefert die Periode der Grundschwingung zu

$$T_1 = \frac{2\pi L}{\sqrt{g H}} \cdot 0{,}40 \qquad \left(L = \frac{3q}{4} \right)$$

---

§ 3.

Die Genauigkeit des Chrystalschen Verfahrens.

Es soll nun die Grössenordnung des Fehlers bestimmt werden, den man begeht, wenn man nach Chrystal eine gegebene Profilkurve durch einen Parabelbogen ersetzt.

Wir behandeln das Beispiel VI′, § 2, indem wir $q = 4$ nehmen, und den Bogen OS 4. Grades durch die Parabel

$$h^*(x) = h_o . (2x - x^2)$$

ersetzen.

Man kann dies nach verschiedenen Grundsätzen machen:

a) Man macht das Quadrat des mittleren Ordinatenfehlers minimal.

Dies erfordert

$$h_o = 1{,}03421 . H$$

Die Ordinate h^* weicht nirgends mehr als 7,6 % von $h\ (x)$ ab und die Abweichung erfolgt nach beiden Seiten, sodass ein Teil des Einflusses sich aufheben kann.

b) Die Profilflächen werden gleich gross gemacht. Die Seen haben dann gleichen Voluminhalt. Dies gibt

$$h_o = 1{,}0445 . H \qquad \text{Maximale Abweichung } 6{,}7\ \%$$

c) Die Scheiteltiefe der Seen ist dieselbe.

$$h_o = H \qquad \text{Maximalabweichung } 9\ \%$$

In diesem Beispiel liegen also die Verhältnisse viel günstiger für das Christalsche Verfahren, als man es nach frühern Bemerkungen je für reelle Seen erwarten darf.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der Rechnung zusammengestellt. Die erste Zeile enthält die Angaben für die Perioden der ersten drei Normalschwingungen, berechnet nach der Formel (11), die andern Zeilen enthalten die analogen Angaben, die bei Ersatz des Profils durch eine Parabel nach a), b) resp. c) sich ergeben.

Daneben ist jeweilen der prozentuale Fehler hingesetzt. Abkürzend wurde geschrieben

$$F = \frac{2\pi \cdot L}{\sqrt{g H}}$$

	T_1/F	%	T_2/F	%	T_3/F	%
Beispiel VI′	0,39146		0,21382		0,14744	
Fall a)	0,4014	2,5	0,2199	3,3	0,1517	2,9
Fall b)	0,3995	2	0,2188	2,2	0,1510	2,4
Fall c)	0,4082	4	0,2236	5	0,1543	4,7

Selbst in diesem ausserordentlich günstigen Falle[1]) betragen also die Fehler, die durch Zurechtstutzen der Profilkurve entstehen, einige Prozente.

Auch wenn man eine grössere Anzahl von Ersatzbogen benutzt, wird es in der Anwendung auf reelle Seen kaum je gelingen, das Profil so genau anzunähern, wie das hier der Fall ist. Man darf daher wohl behaupten, dass die Christalsche Methode höchstens auf einige Prozent genaue Resultate gibt, und dass genauere Übereinstimmung mit der Wirklichkeit auf Zufall beruht.

---

§ 4.

Das direkte Näherungsverfahren.

Unter diesen Umständen scheint es angemessen, auf die strenge Lösung von Gleichung (7) zu verzichten, wenn eine direkte Näherungsmethode zur Berechnung den T_n Resultate von ähnlicher Genauigkeit liefert. Wenn dabei auch noch die mathematischen Schwierigkeiten bei der Integration von (7) umgangen und direkt die empirisch gegebenen Seeprofile verwendet werden können, so wird man das als weitere Vorteile zu betrachten haben.

Wird die Dichte der Flüssigkeit gleich 1 gesetzt, so ist für die *n-te* Normalschwingung (6) der Ausdruck für die Bewegungsenergie

$$\frac{1}{2}\int \left(\frac{\partial \xi}{\partial t}\right)^2 b h \, dx = \frac{m_n^2}{2} \sin^2 (m_n t) \cdot \int \frac{U^2 b}{h} \, dx$$

der Ausdruck der potentiellen Energie

$$\frac{g}{2}\int \xi^2 b \, dx = \frac{g}{2} \cos^2 (m_n t) \cdot \int U'^2 \, dx$$

---

[1]) Bemerkenswerterweise liefert der Fall gleichen Volumens die genaueren Resultate als der minimalen Fehlerquadrats.

und der Energiesatz gibt

$$T_n = \frac{2\pi}{m_n} = 2\pi\sqrt{\frac{K_1}{g\,K_2}} \quad \text{mit} \quad K_1 = \int_a^c \frac{U^2}{h\,(x)}\,dx \qquad K_2 = \int_a^c \left(\frac{dU}{dx}\right)^2 dx \quad (13)^1)$$

Die Lösung U_n macht den Wert von T_n zu einem Maximum, wobei noch die Orthogonalitätsbedingungen

$$\int_a^c \frac{U_n \cdot U_\varkappa}{h\,(x)}\,dx = 0 \qquad \varkappa = 1,2 \ldots (n-1) \qquad (14)$$

zu erfüllen sind. T_n ist gleich diesem Extremum.

Nach einer auf Lord Rayleigh[2]) zurückgehenden Methode kann man an Stelle des wahren Schwingungstypus $U_n\,(x)$ in die Formel (13) einen angenäherten einführen; man erhält aus ihr dann einen Näherungswert von T_n, der um so besser ausfällt, je grösser er wird und je näher der angenommene dem wahren Typus kommt.

Handelt es sich um die langsamste Schwingung T_1, so fallen die Nebenbedingungen (14) weg. Um für U_1 einen guten Näherungsausdruck zu erlangen, kann man den See ganz roh etwa mit einem der Beispiele in § 1 vergleichen und den zugehörigen Typus benutzen. Oder man macht über die Funktion $\xi\,(x)$. die die Form des schwingenden Seespiegels bestimmt, eine passende Annahme. Diese ist nicht ganz willkürlich: der einzigen Knotenlinie entsprechend muss $\xi\,(x)$ zwischen den Seeenden nur einmal verschwinden, und wegen (1), (3) und (5) muss

$$\int_a^c \xi\,(x)\,dx = 0 \qquad (15)$$

sein. Rechnerisch einfach und bei einem ungefähr parabolischen See schon ganz ordentliche Genauigkeit ergebend, gestaltet sich die Annahme des ebenen Seespiegels, wo $\xi\,(x)$ als lineare Funktion von x vorausgesetzt wird.

Man hat

$$U_1\,(x) = (x-a)\,(x-c)$$

und

$$T_1 \cong 2\pi\sqrt{\frac{3}{g\,L^3}} \cdot \sqrt{\int_a^c \frac{(x-a)^2\,(x-c)^2}{h\,(x)}\,dx}$$

---

[1]) Ist die Breite des Sees nicht konstant. so verallgemeinert sich diese Formel zu

$$T_n = 2\pi\sqrt{\frac{K_1}{g\,K_2}} \quad K_1 = \int \frac{V^2\,dv}{b^2\,h} \qquad K_2 = \int \left(\frac{dV}{dv}\right)^2 dv \quad v = \int_a^x b\,dx \quad V = bU. \quad (A)$$

[2]) Rayleigh. Theorie des Schalles. Art. 69 ff.

Einen genauen Wert liefern diese Formeln nur im Fall des parabolischen Profils des Beispiels II. Wir werden im § 5 zeigen, dass aber noch für ziemlich weit hievon abweichende Profilform die Annäherung befriedigend ist. Es ist nur erforderlich, dass die grösste Tiefe gegen die Mitte zu sich befinde und der See gegen die Enden seicht werde.

Reicht die auf diese Weise erzielte Genauigkeit nicht aus, so geht man in folgender Art vor:

Man macht für $\xi(x)$ einen Ansatz, der noch eine Reihe von verfügbaren Parametern enthält. Nachdem man (15) befriedigt hat, bestimmt man die übrigen Parameterwerte so, dass der Ausdruck für T ein Extremum wird. Oft genügt es schon, für ξ etwa ein Polynom 2. oder 3. Grades anzusetzen. Die Beispiele des folgenden § geben darüber Aufschluss.

Nachdem die erste Fundamentalschwingung auf diese Weise mit der wünschbaren Genauigkeit ermittelt worden ist, berechnet man auf dieselbe Art die 1. Oberschwingung und alle weitern. Hiebei sind die Gleichungen (14) zu beachten. Freilich wird die Rechnungsarbeit um so beträchtlicher, je höher die Ordnungszahl der Schwingung ist. Es müssen für ξ Ausdrücke angesetzt werden, die entsprechend der höheren Knotenzahl mehrere Male im Intervall $(a—c)$ verschwinden können, z. B. Polynome höhern Grades.

Wieder werden die noch zur Verfügung stehenden Parameter so bestimmt, dass T_n ein Extremum wird (Optimallösung).

Bei unregelmässigem, graphisch gegebenen Profil bleibt diese Methode unverändert brauchbar. Am besten wird man dann die Quadraturen graphisch vornehmen oder durch Planimetrierung. Verwendet man Ansätze, die in den Parametern linear sind, so werden die Integrale (13) quadratische Funktionen derselben und zur Bestimmung der Parameter der Optimallösung bekommt man Systeme von Gleichungen, deren Koeffizienten durch jene Quadraturen ermittelt werden, und deren Lösung keine Schwierigkeit macht.

---

§ 5.

Beipiele zur Näherungstheorie.

Im folgenden bedeuten T_n, x und alle Zahlenkoeffizienten, die keinen Stern als Index tragen, die aus der Christalschen Gleichung (7) erhaltenen Werte. Mit U_n^*, U_n^{**} resp. ξ_n^*, ξ_{nn}^{**} sind die verschiedenen Schwingungstypen bezeichnet, die der Näherungsrechnung zu

Grunde gelegt worden sind, und die damit erhaltenen Näherungswerte der T, x tragen die entsprechende Sternbezeichnung. (O) bedeutet Optimallösung, P_n das Legendresche Polynom.

Beispiel 1. Konstante Tiefe. h_o.

$a = -1 \quad c = +1 \quad L = 2$

a) $\zeta_1^* = -P_1(x) \quad U_1^* = -\int_{-1}^{x} P_1(x)\,dx = Q_1(x)$ für die Grundschwingung.

$\zeta_2^* = -P_2(x) \quad U_2^* = -\int_{-1}^{x} P_2(x)\,dx = Q_2(x)$ für die 1. Oberschwingung.

$T_1^* = T_1 \cdot 0{,}9935 \qquad T_2^* = T \cdot 0{,}965$
$x_{11}^* = 0 \qquad x_{21}^* = +0{,}5773$ nach Annahme
$x_{11} = 0 \qquad x_{21} = \pm 0{,}5$

Trotzdem der verwendete Typus vom wahren stark abweicht, ist die Annäherung schon befriedigend.

b) $\zeta_1^{**} = -P_1 - \alpha P_2 \quad U_1^{**} = Q_1 + \alpha Q_2$ für die Grundschwingung
$\zeta_2^{**} = -P_2 - \beta P_4 \quad U_2^{**} = Q_2 + \beta Q_4$ für die 1. Oberschwingung $\Big\}(O)$

$T_1^{**} = T_1 \cdot 0{,}9970 \qquad T_2^{**} = T_2 \cdot 0{,}9997$
$x_{11} = 0 \qquad x_{21} = \pm 0{,}5203$

Die Abweichungen in den Perioden sind kleiner als 1%, in der Lage der Knotenlinien 4%.

Beispiel 2. Linear veränderliche Tiefe. $h = h_o x$.

$a = 0 \quad c = L = 1$

$T_n = \dfrac{2\pi L}{\sqrt{g h_o}} \cdot z_n \qquad z_1 = 0{,}52194 \qquad z_2 = 0{,}2984$

$x_{11} = 0{,}3943 \qquad x_{21} = 0{,}1175 \qquad x_{22} = 0{,}6110$

a) Typus des halbparabolischen Profils. (Beispiel III)

$U_1^* = Q_2(1-x) \cong (1-x)^3 - (1-x)$

$z_1^* = 0{,}5204 \qquad x_{11}^* = 0{,}423$

b) Optimallösung vom Typus

$U_1^{**} = x \cdot (1-x) \cdot (1+ax) \qquad U_2^{**} = x \cdot (1-x) \cdot (1 - bx + cx^2)$

$z_1^{**} = 0{,}5216 \qquad x_{11}^{**} = 0{,}4023$

$z_2^{**} = 0{,}2852 \qquad x_{21}^{**} = 0{,}1336 \qquad x_{22}^{**} = 0{,}6390$

Beispiel 3. Symmetrischer See mit linear veränderlicher Tiefe. (Wie in Beispiel V)

$a = 1 \quad c = +1$

$$T_n = \frac{2\pi L}{\sqrt{g h}} \cdot z_n \qquad z_1 = 0{,}41582 \qquad z_2 = 0{,}26097$$

$$x_{11} = 0 \qquad x_{21} = \pm 0{,}6057$$

a) Typus des parabolischen Sees.

$$U_1^* = x^2 - 1 = Q_1(x)$$

$$z_1^* = 0{,}41457 \qquad x_{11}^* = 0$$

b) Optimallösung vom Typus:

$U_1^{**} = Q_1(x) + \alpha Q_3(x)$ resp. $U_2^{**} = Q_2(x) + \beta Q_4(x) \quad (Q_i = \int_{-1}^{x} P_i(x)\,dx)$

$$z_1^{**} = 0{,}41475 \qquad z_2^{**} = 0{,}26197$$

$$x_{11}^{**} = 0 \qquad x_{21}^{**} = 0{,}6058$$

Beispiel 4. Kreisförmiges Becken konstanter Tiefe. h. Schwingungen mit einem Durchmesser als Knotenlinie.

Das Chrystalsche Verfahren wird bei diesem See nicht einfach anwendbar, da die explizite Normalfunktion des Sees einem verwickelten Gesetze folgt. Dagegen ist hier die Lösung bekannt, die die strengere Theorie kleiner Potentialbewegungen gibt. [1])

Ist r der Radius des Beckens, so wird danach

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{g h}} \cdot r \cdot z \quad \text{wo} \quad z = 0{,}543 \quad \text{aus} \quad J_1'\left(\frac{1}{z}\right) = 0$$

Unsere Näherungstheorie gibt

a) mit dem Typus $\zeta^* = x$ (Ebener Flüssigkeitsspiegel)

$$z^* = 0{,}527$$

b) mit $\zeta^{**} = x + a \cdot x^3 \quad (O)$

$$z^{**} = 0{,}530$$

Die Rechnung, die in diesem Falle nach den Formeln (A) der Anmerkung Seite 8 durchzuführen ist, bleibt ausserordentlich einfach.

Die angeführten Beispiele können beliebig vermehrt werden. Sie zeigen, dass wenigstens für die untersuchten zwei ersten Normalschwingungen der Fehler des Annäherungsverfahrens von derselben (oder geringerer) Grössenordnung ist, wie derjenige, der durch Anpassen einer gegebenen Profilkurve an die Chrystalsche Theorie entsteht.

---

[1]) Lamb, a. a. O. Art. 191.

Sehr gute Resultate wird man vor allem erwarten dürfen, wenn sich das Profil von dem zum verwendeten Typus gehörigen nur wenig unterscheidet. Man könnte so z. B. den Einfluss kleiner Unebenheiten in den Profilen der Beispiele von § 1 und § 2 untersuchen. Wir verzichten darauf, dafür Formeln aufzustellen. Denn in diesem Fall wird ohne weiteres die Theorie anwendbar, die Lord Rayleigh für ein schwingendes System aufgestellt hat, welches sich von einem bekannten nur wenig unterscheidet. Sie erlaubt, die kleinen Korrekturen zu berechnen, die an den Schwingungstypen und den Perioden beim Übergang vom einen System zum andern anzubringen sind. Das Beispiel einer Saite mit wenig veränderlicher Dichte, das Rayleigh a. a. O. ausführt, lässt sich sofort auf den See von annähernd konstanter Tiefe übertragen.

Wir schliessen mit der Bemerkung, dass die vorstehende Rechungsweise sich auf die axialsymmetrischen Schwingungen eines axialsymmetrischen Sees ausdehnen lässt.

Nimmt man den Seerand als Einheitskreis und ist r die Entfernung von der Symmetrieaxe $h\,(r)$ die Tiefe, so ergibt sich für

$$U_n \cong \int_o^r \zeta(r)\, r\, dr$$

mit $r^2 = z$ die Differentialgleichung

$$\frac{d^2\, U_n}{d\, z^2} + \frac{{m_n}^2}{4\, z\, h\,(\sqrt{z})} = 0$$

mit den Randbedingungen

$$U_n\,(o) = 0 \quad U_n\,(1) = 0$$

sodass die Schwingungen dieselben sind, wie für einen Chrystalschen See von der Länge 1 und dem Tiefengesetz

$$h^*\,(x) = 4 \cdot x \cdot h\,(\sqrt{x})$$

Dem See konstanter Tiefe entspricht z. B. der See des Beispiels IV, dem kreisförmigen See mit parabolischer Meridiankurve der See des Beispiels II.

Zollikon-Zürich, Mai 1920.

Mitteilungen aus dem Botanischen Museum der Universität Zürich.
LXXXVIII.

Der Pilzmarkt der Stadt Zürich der Jahre 1918 und 1919 im Lichte der städtischen Kontrolle.

Von

Hans Schinz.

Das Botanische Museum der Universität befasst sich seit 1895 auf Ansuchen des Gesundheitswesens der Stadt Zürich mit der Kontrolle der an den Wochenmarkttagen Dienstag und Freitag zum Verkaufe gelangenden Speiseschwämme und, gegen eine städtischeTaxe von 50 Cts. pro Pilzart, mit der Begutachtung der zur Untersuchung ins Botanische Museum gelangenden Schwämme. Die Ergebnisse dieser zum Teil sehr umfangreichen Kontrolle sind alljährlich in den Jahresberichten des Botanischen Gartens und Museums in extenso publiziert worden (Jahresberichte 1898 bis und mit 1916/17), die durch Papiernot und Verteuerung der Drucklegung aufgezwungenen Sparmassregeln bedingen nun aber eine Textreduktion der Jahresberichte, und um nicht eine möglicherweise später störend empfundene Unterbrechung in der Kontinuität dieser Berichterstattung eintreten zu lassen, sollen an diesem Orte im Einverständnis mit dem Vorstand des städtischen Gesundheitswesens und der Aufsichtskommission des Botanischen Gartens und Museums die Resultate der beiden letzten Berichtsjahre mitgeteilt und die sich aus der ausgeübten Kontrolle ergebenden allgemeinen Erörterungen zusammengestellt werden.

Die „Pilzsaison“ ist, wie überall in Mitteleuropa, vornehmlich im Jahre 1919 eine ausgesprochen schlechte gewesen. Die lange Trockenperiode hat die Pilze, deren Fruchtkörper sich ja meist im Spätsommer und im Herbst zu bilden pflegen, in der normalen Entwicklung gehemmt. Klagen dieser Art ertönen von überall her, namentlich auch aus Sachsen.

Dies erhellt, soweit die Verhältnisse in Zürich in Betracht kommen, sofort aus einem Vergleich der 1918 und 1919 ausgestellten Kontrollscheine:

1918 betrug die Gesamtzahl der an 104 Markttagen ausgegebenen Kontrollscheine 5068, 1919 an 104 Markttagen 3552 (1917 an 105 Markttagen 4127). Die Höchstzahl der an einem Markttage ausgestellten Scheine bezifferte sich 1918: auf 306 am 4. Oktober; 1919: auf 188 am 10. Oktober (1917: auf 181 am 24. August), die sich 1918 auf 49, 1919 auf 49 (1917 auf 34) Arten verteilten.

Die Pilzsaison 1918 nahm ihren Anfang am 16. April mit Speise-Morcheln, 1919 am 25. April mit Blasenbecherlingen und Speise-Morcheln (1917 am 8. Mai mit Morcheln). Die letzten Pilze erschienen auf dem Pilzmarkt 1918 am 17. Dezember (Trompeten-Pfifferlinge), 1919 am 2. Dezember (Trompeten-Pfifferlinge) (1917: 24. Dezember, gleichfalls Trompeten-Pfifferlinge).

Zum Verkaufe gelangten:

Ader-Becherling, Blasen-Becherling, brauner Becherling, Eselsohr-Becherling, Orangen-Becherling, Brätling, Butterpilz, brauner Champignon, Feld-Champignon, Schaf-Champignon, Wald-Champignon, Eichhase, Eierschwamm, Orange-Eierschwamm, roter Eierschwamm, weisser Ellerling, Ziegen-Ellerling, Essigpilz, Kamm-Händling, Runzel-Händling, Trauben-Händling, Hallimasch, Hartpilz, klebriger Hörnling, Kapuzinerpilz, Keulenpilz, kahler Krämpling, Sammtfuss-Krämpling, gelbliche Krateralle, milder Milchling, Pfeffer-Milchling, süsslicher Milchling, wolliger Milchling, Mönchskopf, rillstielige Morchel, Speise-Morchel, Spitz-Morchel, Mousseron, Parasolpilz, Perlpilz, Trompeten-Pfifferling, Kamm-Porling, Riesen-Porling, Schaf-Porling, Schuppen-Porling, Schwefel-Porling, Semmel-Porling, Rehpilz, echter Reizker, echter Ritterling, gehäufter Ritterling, gepanzerter Ritterling, geselliger Ritterling, grauer Ritterling, kahler Ritterling, knolliger Ritterling, rotlilastieliger Ritterling, Mäuse-Ritterling, rotblättriger Ritterling, rötlicher Ritterling, Veilchen-Ritterling, brauner Röhrling, Bronze-Röhrling, gelber Röhrling, Gold-Röhrling, Hohlfuss-Röhrling, körniger Röhrling, Kuh-Röhrling, Maronen-Röhrling, Rotfuss-Röhrling, Rothaut-Röhrling, Sand-Röhrling, schleimiger Röhrling, schmieriger Röhrling, Trientiner-Röhrling, weissgelblicher Röhrling, breitblättriger Rübling, Laubfreund-Rübling, geschundener Schirmling, getropfter Schirmling, Safran-Schirmling, grosser Schmierling, kleiner Schmierling, beringter Schneckling, Elfenbein-Schneckling, fleischfarbiger Schneckling, gelbflockiger Schneckling, Purpur-Schneckling, Reh-Schneckling, wohlriechender Schneckling, Gold-Schüppling, Runzel-Schüppling, sparriger Schüppling, Schweinsohr, Nelken-Schwindling, gelber Spatelpilz, Birnen-Stäubling, Riesen-Stäubling, Warzen-Stäubling, Steinpilz, Stockschwämmchen, Stoppelpilz, roter Stoppelpilz, Gold-Täubling, grüner

Täubling, ledergelber Täubling, Speise-Täubling, zierlicher Täubling, Totentrompete, Anis-Trichterling, Becher-Trichterling, echter Trichterling, Lack-Trichterling, schlaffer Trichterling, weisse Trüffel, Löffel-Zähling, gelber Ziegenbart, grauer Ziegenbart, krauser Ziegenbart, schöner Ziegenbart, Ziegenlippe, Gallert-Zitterling.

Gegenüber den Jahren 1916/17 fehlten auf dem Markte: schlüpfriger Kappenpilz, Trichter-Pfifferling, Königs-Röhrling, Schwefel-Schneckling, Wurzel-Schüppling.

Dafür sind neu hinzu gekommen:

Ader-Becherling, brauner Becherling, Orangen-Becherling, brauner Champignon, Orange-Eierschwamm, weisser Ellerling, Ziegen-Ellerling, Trauben-Händling, kahler Krämpling, Sammtfuss-Krämpling, süsslicher Milchling, wolliger Milchling, rillstielige Morchel, Riesen-Porling, Schuppen-Porling, gehäufter Ritterling, gepanzerter Ritterling, geselliger Ritterling, kahler Ritterling, knolliger Ritterling, lilastieliger Ritterling, Mäuse-Ritterling, rotblättriger Ritterling, Veilchen-Ritterling, brauner Röhrling, gelber Röhrling, schmieriger Röhrling, Trientiner-Röhrling, breitblättriger Rübling, Laubfreund-Rübling, geschundener Schirmling, kleiner Schmierling, beringter Schneckling, gelbflockiger Schneckling, Reh-Schneckling, Gold-Schüppling, Nelken-Schwindling, gelber Spatelpilz, Stockschwämmchen, roter Stoppelpilz, Gold-Täubling, grüner Täubling, zierlicher Täubling, Anis-Trichterling, Becher-Trichterling, echter Trichterling, schlaffer Trichterling, Löffel-Zähling, grauer Ziegenbart, schöner Ziegenbart.

Die folgenden Pilzarten sind nur in einzelnen Exemplaren auf den Markt gekommen und sind daher nicht zum Verkaufe zugelassen, sondern ins Botanische Museum zur Untersuchung mitgenommen worden:

Amanita cinerea Bres., Am. citrina Schaeff. (= Am. Mappa Batsch), Am. umbrina Pers., Am. vaginata Bull., Armillaria aurantia Schaeff., Boletus felleus Bull., Bol. piperatus Bull., Bol. rubescens Trog, Camarophyllus leporinus Fr., Clavaria aurea Schaeff., Clitocybe ericetorum Bull., Clit. inversa Scop., Clit. suaveolens Schum., Collybia asema Fr., Coll. maculata Alb. & Schw., Coll. radicata Relh., Coprinus atramentarius Bull., Craterellus violaceus Fr., Dermocybe cinnamomea L., Derm. raphanoides Pers., Entoloma clypeatum L., Ent. excentricum Bres., Ent. lividum Bull., Ent. nidorosum Fr., Helvella crispa Fr., Helv. elastica Bull., Helv. infula Schaeff., Hydnum cirrhatum Pers., Hydn. infundibulum Sw., Hydn. levigatum Sw., Hydrocybe armeniaca Schaeff., Hydr. castanea Bull., Hydr. germana Fr., Hygrocybe conica Scop., Hypholoma sublateritium Fr., Inocybe Bongardii Weinm., Inoc.

fastigiata Schaeff., Inoc. rimosa Bull., Inoloma cinereo-violaceum Pers., Inol. sublanatum Sw., Lactarius acris Bolt., Lact. blennius Fr., Lact. fuliginosus Fr., Lact. glyciosmus Fr., Lact. luridus Pers., Lact. pallidus Pers., Lact. pyrogalus Bull., Lact. rufus Scop., Lact. thejogalus Bull., Lact. uvidus Fr., Lact. vietus Fr., Lepiota clypeolaria Bull., Lep. Friesii Lasch., Lep. rhacodes Vitt., Limacium limacinum Scop., Lim. lucorum Kalchbr., Lim. pustulatum Pers., Lycoperdon echinatum Pers., Melanogaster variegatus Tul., Merulius tremellosus Pers., Mycena alcalina Fr., Paxillus panuoides Fr., Pax. popinalis Fr., Phlegmacium decolorans Pers., Phleg. fulgens Schw., Phleg. russum Fr., Pholiota aurea Sw., Pluteus cervinus Schaeff., Polyporus fuligineus Pers., Rhizopogon rubescens Tul., Russula badia Quél., Russ. delica Fr., Russ. emetica Fr., Russ. fragilis Pers., Russ. heterophylla Fr., Russ. nigricans Bull., Russ. ochroleuca Pers., Russ. Queletii Fr., Russ. rosacea Bull., Russ. sanguinea Bull., Russ. sardonia Fr., Stropharia aeruginosa Curt., Telamonia evernia Fr., Tel. torva Fr., Trametes gibbosa Pers., Tricholoma acerbum Bull., Trich. arcuatum Bull., Trich. argyraceum Bull., Trich. cinerascens Bull., Trich. columbetta Fr., Trich. lascivum Fr., Trich. melaleucum Pers., Trich. psammopus Kalchbr., Trich. ramentaceum Bull., Trich. saponaceum Fr., Trich. sejunctum Sw., Trich. sulfureum Bull., Trich. tigrinum Schaeff., Trich. tumidum Pers., Trich. ustale Fr.

Die während der beiden Berichtsjahre im Botanischen Museum ausgeführten Untersuchungen, 1918 : 713, 1919 : 193 (1917 : 373) betreffen nachstehend genannte Pilzarten: Amanita muscaria L., Am. phalloides Fr., Am. rubescens Pers., Am. solitaria Bull., Am. strangulata Fr., Am. vaginata Bull., Armillaria aurantia Schaeff., Arm. imperialis Fr., Arm. mellea Fl. Dan., Boletus aereus Bull., Bol. appendiculatus Schaeff., Bol. badius Fr., Bol. Boudieri Quel., Bol. bovinus L., Bol. bulbosus Schaeff., Bol. castaneus Bull., Bol. cavipes Klotzsch, Bol. chrysentereon Bull., Bol. elegans Schum., Bol. granulatus L., Bol. luridus Schaeff., Bol. luteus L., Bol. pachypus Fr., Bol. piperatus Bull., Bol. rufus Schaeff., Bol. Satanas Lenz, Bol. scaber Bull., Bol. subtomentosus L., Bol. tridentinus Bres., Bol. variegatus Sw., Bol. viscidus L., Cantharellus cibarius Fr., Chaeromyces maeandriformis Vitt., Clavaria cristata Holmsk., Clav. flava Schaeff., Clav. formosa Pers., Clav. grisea Pers., Clav. pistillaris L., Clitocybe cyathiformis Bull., Clit. flaccida Sw., Clit. geotropa Bull., Clit. gilva Pers., Clit. infundibuliformis Schaeff., Clit. inversa Scop., Clit. laccata Scop., Clit. nebularis Batsch, Collybia dryophila Bull., Coll. maculata Alb. & Schw., Coprinus atramentarius Bull., Cop. comatus Fl. Dan..

Cop. micaceus Bull., Craterellus cornucopioides L., Dermocybe camura Bull., Derm. raphanoides Pers., Elaphomyces granulatus N. ab Es., Entoloma clypeatum L., Ent. lividum Bull., Ent. rhodopolium Fr., Gautiera morchellaeformis Vitt., Gomphidius glutinosus Schaeff., Gomph. roseus Fr., Gomph. viscidus L., Gyrocephalus rufus Bref., Hebeloma crustuliniforme Bull., Heb. elatum Batsch, Heb. sinuosum Fr., Helvella crispa Fr., Hydnum imbricatum L., Hydn. repandum L., Hydn. suaveolens Scop., Hydrocybe leucopus Bull., Hydr. subferruginea Batsch, Hypholoma capnoides Fr., Hyph. fasciculare Huds., Hyph. sublateritium Fr., Inocybe pyriodora Pers., In. rimosa Bull., Lactarius deliciosus L., Lact. fuliginosus Fr., Lact. lignyotus Fr., Lact. piperatus Scop., Lact. pubescens Schrader, Lact. scrobiculatus Scop., Lact. subdulcis Bull., Lact. torminosus Schaeff., Lact. uvidus Fr., Lact. vellereus Fr., Lact. vietus Fr., Lact. violascens Otto, Lact. volemus Fr., Lact. zonarius Bull., Lentinus cochleatus Fr., Lepiota cristata Bolt., Lep. hispida Lasch, Lep. lenticularis Lasch, Lep. naucina Fr., Lep. procera Scop., Limacium agathosmum Fr., Lim. chrysodon Batsch, Lim. eburneum Bull., Lim. erubescens Fr., Lim. ligatum Fr., Lim. pudorinum Fr., Lycoperdon gemmatum Batsch, Lyc. pyriforme Schaeff.. Marasmius oreades Bolt., Melanogaster variegatus Tul., Morchella esculenta Pers., Mycena pura Pers., Myxacium collinitum Fr., Paxillus atrotomentosus Batsch, Paxillus involutus Batsch, Peziza vesiculosa Bull.. Phlegmacium calochroum Pers., Phleg. coerulescens Fr., Phleg. cumatile Fr., Phleg. elegantius Fr., Phleg. fulgens Alb. & Schw., Phleg. glaucopus Schaeff., Phleg. largum Fr., Phleg. multiforme Fr., Phleg. percome Fr., Phleg. prasinum Schaeff., Phleg. triumphans Fr., Phleg. variicolor Fr., Phleg. varium Schaeff., Pholiota caperata Pers., Phol. mutabilis Schaeff., Phol. praecox Pers., Phol. radicosa Bull., Phol. spectabilis Fr., Phol. squarrosa Müller, Pleurotus ostreatus Jacq., Polyporus brumalis Pers., Pol. caudicinus Schaeff., Pol. confluens Alb. & Schw., Pol. giganteus Fr., Pol. ovinus Schaeff , Pol. squamosus Huds., Pol. umbellatus Fr., Psalliota arvensis Schaeff., Psall. augusta Fr., Psall. campestris L., Psall. silvatica Schaeff., Rhodosporus Prunulus Scop., Russula alutacea Fr., Russ. aurata With., Russ. delica Fr., Russ. depallens Pers., Russ. foetens Pers., Russ. fragilis Pers., Russ. heterophylla Fr., Russ. lepida Fr., Russ. nigricans Bull., Russ. olivacea Schaeff., Russ. rubra DC., Russ. vesca Fr., Russ. virescens Schaeff.. Scleroderma vulgare Fl. Dan., Spathularia clavata Schaeff., Tremellodon gelatinosus Vitt., Tricholoma acerbum Bull., Trich. albo-brunneum Pers., Trich. argyraceum Bull., Trich. conglobatum Vitt., Trich. gambosum Fr., Trich. irinum Fr., Trich. lascivum Fr., Trich. melaleucum

Pers., Trich. nudum Bull., Trich. personatum Fr., Trich. pessundatum Fr., Trich. ramentaceum Bull., Trich. rutilans Schaeff., Trich. saponaceum Fr., Trich. terreum Schaeff., Trich. tigrinum Schaeff., Trich. vaccinum Pers.

Es wurden pro 1918: zirka 10,823 kg, 1919: zirka 5,417 kg (1917: zirka 16,504 kg) Pilze auf den Markt gebracht; das Gesamtgewicht verteilt sich in folgender Weise auf die einzelnen Arten:

	kg		Zahl der ausgestellten Scheine	
	1918	1919	1918	1919
Amanita rubescens Pers. (Perlpilz)	21	50	40	66
Armillaria imperialis Fr. (Hartpilz)	115	41	100	69
— mellea Fl. Dan. (Hallimasch)	793	182	189	95
Boletus aereus Bull. (Bronze-Röhrling)	2,5	13,5	5	26
— badius Fr. (Maronen- „)	31	10,5	57	21
— Boudieri Quél. (weissgelblicher Röhrling)	9,5	42,5	14	25
— bovinus L. (Kuh-Röhrling)	29	5,5	40	11
— bulbosus Schaeff. (Steinpilz)	1395,5	449	300	223
— cavipes Klotzsch (Hohlfuss-Röhrling)	5	0,5	9	1
— chrysentereon Bull. (Rotfuss- „)	71,5	32	82	42
— collinitus Fr. (schmieriger „)	1,5	0,5	2	1
— elegans Schum. (Gold-Röhrling)	157	100.5	141	103
— flavus With. (gelber „)	0,5	—	1	—
— granulatus L. (körniger „)	45,5	16.5	58	29
— luteus L. (Butterpilz)	161,5	54	143	68
— rufus Schaeff. (Rothaut-Röhrling)	202	76,5	176	112
— scaber Bull. (Kapuzinerpilz)	79	70	116	94
— spadiceus Schaeff. (brauner Röhrling)	—	0,5	—	1
— subtomentosus L. (Ziegenlippe)	35,5	17,5	69	35
— tridentinus Bres. (Trientiner-Röhrling)	4	1	8	2
— variegatus Sw. (Sand-Röhrling)	103	106	115	92
— viscidus L. (schleimiger „)	17,5	14	34	26
Calocera viscosa Fr. (klebriger Hörnling)	—	0,5	—	1
Camarophyllus caprinus Scop. (Ziegen-Ellerling)	1	—	2	—
— virgineus Wulf. (weisser Ellerling)	—	0,5	—	1
Cantharellus aurantiacus Wulf. (Orange-Eierschwamm)	—	2.5	—	5
— cibarius Fr. (Eierschwamm)	3837,5	1777.5	578	305
— Friesii Quél. (roter Eierschwamm)	2,5	0,5	5	1
— tubaeformis Vitt. (Trompeten-Pfifferling)	246,5	13.5	84	23
Chaeromyces maeandriformis Vitt. (weisse Trüffel)	16.5	19	28	26
Clavaria Botrytis Pers. (Trauben-Händling)	0.5	5	1	10
— cristata Holmsk. (Kamm- „)	16	5,5	22	11
— flava Schaeff. (gelber Ziegenbart)	237	164	204	153
— formosa Pers. (schöner „)	—	1,5	—	3
— grisea Pers. (grauer „)	4,5	58	6	40
— pistillaris L. (Keulenpilz)	16.5	16	31	31
Übertrag	7658,5	3347,5	2660	1761

	kg		Zahl der ausgestellten Scheine	
	1918	**1919**	**1918**	**1919**
Übertrag	7658,5	3347,5	2660	1761
Clavaria rugosa Bull. (Runzel-Händling)	—	0,5	—	1
Clitocybe cyathiformis Bull. (Becher-Trichterling)	—	3	—	6
— flaccida Sw. (schlaffer Trichterling)	—	1,5	—	2
— geotropa Bull. (Mönchskopf)	24	12,5	31	23
— infundibuliformis Schaeff. (echter Trichterling)	—	9	—	13
— laccata Scop. (Lack-Trichterling)	4	8,5	8	17
— odora Bull. (Anis- „)	1,5	3	3	6
Collybia dryophila Bull. (Laubfreund-Rübling)	—	0,5	—	1
— platyphylla Fr. (breitblätteriger „)	—	0,5	—	1
Craterellus clavatus Pers. (Schweinsohr)	29,5	50,5	44	49
— cornucopioides L. (Totentrompete)	199	77,5	112	59
— lutescens Pers. (gelbliche Kraterelle)	14	10	18	18
Gomphidius glutinosus Schaeff. (grosser Schmierling)	111,5	93	133	115
— viscidus L. (kleiner Schmierling)	15	10,5	28	20
Gyrocephalus rufus Bref. (Essigpilz)	12	12,5	24	25
Hydnum imbricatum L. (Rehpilz)	127,5	124,5	97	114
— repandum L. (Stoppelpilz)	245,5	90	257	114
— rufescens Pers. (roter Stoppelpilz)	—	11	—	12
Lactarius deliciosus L. (echter Reizker)	836	449	243	175
— mitissimus Fr. (milder Milchling)	0,5	—	1	—
— piperatus Scop. (Pfeffer- „)	117	84	114	56
— subdulcis Bull. (süsslicher „)	12	0,5	11	1
— vellereus Fr. (wolliger „)	—	3,5	—	4
— volemus Fr. (Brätling)	237	112	182	86
Lentinus cochleatus Pers. (Löffel-Zähling)	1,5	4,5	3	9
Lepiota excoriata Schaeff. (geschundener Schirmling)	0.5	—	1	—
— lenticularis Lasch (getropfter „)	3,5	1	7	2
— procera Scop. (Parasolpilz)	19	9,5	32	17
— rhacodes Vitt. (Safran-Schirmling)	0,5	—	1	—
Limacium agathosmum Fr. (wohlriechender Schneckling)	—	1,5	—	3
— capreolarium Kalchbr. (Reh-Schneckling)	1,5	0.5	3	1
— chrysodon Batsch (gelbflockiger „)	29,5	2	30	4
— eburneum Bull. (Elfenbein- „)	17	8,5	31	15
— erubescens Pers. (Purpur- „)	15,5	4,5	25	8
— ligatum Fr. (beringter „)	3,5	1	7	2
— pudorinum Fr. (fleischfarbiger „)	202	6	69	8
Lycoperdon Bovista L. (Riesen-Stäubling)	—	0,5	—	1
— gemmatum Batsch (Warzen- „)	69,5	64,5	114	104
— pyriforme Schaeff. (Birnen- „)	10	14	16	17
Marasmius oreades Bolt. (Nelken-Schwindling)	—	0,5	—	1
Morchella conica Pers. (Spitz-Morchel)	1	7	2	4
— esculenta Pers. (Speise- „)	138,5	32,5	27	7
— rimosipes DC. (rillstielige „)	—	1,5	—	3
Paxillus atrotomentosus Batsch (Sammtfuss-Krämpling)	—	1	—	2
Übertrag	10157,5	4675,5	4334	2887

	kg		Zahl der ausgestellten Scheine	
	1918	1919	1918	1919
Übertrag	10157,5	4675,5	4334	2887
Paxillus involutus Batsch (kahler Krämpling)	3,5	1	7	2
Peziza aurantia Fl. Dan. (Orangen-Becherling)	0,5	3,5	1	7
— badia Pers. (brauner Becherling)	2,5	3,5	5	2
— onotica Pers. (Eselsohr- „)	1	—	2	—
— venosa Pers. (Ader- „)	—	1	—	1
— vesiculosa Bull. (Blasen- „)	0,5	2	1	2
Pholiota aurivella Batsch (Gold-Schüppling)	—	2.5	—	2
— caperata Pers. (Runzel- „)	3,5	1	7	2
— mutabilis Schaeff. (Stockschwämmchen)	0,5	0,5	1	1
— squarrosa Müller (sparriger Schüppling)	8	39.5	7	20
Polyporus caudicinus Schaeff. (Schwefel-Porling)	6,5	7.5	4	4
— confluens Alb. & Schw. (Semmel- „)	—	8.5	—	10
— cristatus Fr. (Kamm-Porling)	—	4	—	4
— giganteus Pers. (Riesen- „)	4,5	1	3	1
— ovinus Schaeff. (Schaf- „)	0,5	8.5	1	10
Polyporus squamosus Huds. (Schuppen-Porling)	—	3	—	2
— umbellatus Fr. (Eichhase)	4	7	6	7
Psalliota arvensis Schaeff. (Schaf-Champignon)	101	56,5	140	87
— augusta Fr. (brauner Champignon)	—	5	—	9
— campestris L. (Feld- „)	16	163.5	26	51
— silvatica Schaeff. (Wald- „)	19	12	35	21
Rhodosporus Prunulus Scop. (Mousseron)	6	18,5	11	36
Russula alutacea Fr. (ledergelber Täubling)	5,5	97	6	41
— aurata With. (Gold- „)	1	0,5	2	1
— lepida Fr. (zierlicher „)	1	—	1	—
— vesca Fr. (Speise- „)	357	194	267	182
— virescens Schaeff. (grüner „)	—	1	—	1
Sparassis ramosa Schaeff. (krauser Ziegenbart)	16	4	22	2
Spathularia clavata Schaeff. (gelber Spatelpilz)	0.5	0,5	1	1
Tremellodon gelatinosus Vitt. (Gallert-Zitterling)	2	5,5	3	11
Tricholoma aggregatum Schaeff. (gehäufter Ritterling)	—	0,5	—	1
— cartilagineum Bull. (gepanzerter „)	—	0,5	—	1
— conglobatum Vitt. (geselliger „)	3,5	11	5	14
— connatum Schum. (knolliger „)	—	2	—	4
— equestre Fr. (echter Ritterling)	23	24.5	24	25
— irinum Fr. (Veilchen- „)	2	1	4	2
— nudum Bull. (kahler „)	6,5	0.5	9	1
— oriruhens Quél. (rotblättriger Ritterling)	0.5	—	1	—
— personatum Fr. nach Ricken (lilastieliger „)	0,5	—	1	—
— portentosum Fr. (grauer „)	2	—	2	—
— rutilans (Schaeff. (rötlicher „)	62.5	49.5	121	97
— terreum Schaeff. (Mäuse- „)	4,5	—	8	—
Total	10823	5417	5068	3552

Bei Berücksichtigung der Durchschnittspreise ergeben sich für die einzelnen Pilzarten folgende Resultate:

	1918 Fr.	1919 Fr.
Ader-Becherling	—	4.—
Blasen- „	1.—	8.—
brauner „	5.—	14.—
Eselsohr- „	2.—	—
Orangen- „	1.—	7.—
Brätling	355.50	224.—
Butterpilz	142.25	108.—
brauner Champignon	—	20.—
Feld-Champignon	64.—	654.—
Schaf- „	404.—	226.—
Wald- „	76.—	42.—
Eichhase	8.—	14.—
Eierschwamm	11,512.50	10,665.—
Orange-Eierschwamm	—	5.—
roter „	7.50	3.—
weisser Ellerling	—	1.—
Ziegen-Ellerling	1.—	—
Essigpilz	24.—	25.—
Kamm-Händling	32.—	11.—
Runzel- „	—	1.—
Trauben- „	1.—	10.—
Hallimasch	1,189.50	364.—
Hartpilz	287.50	82.—
klebriger Hörnling	—	1.—
Kapuzinerpilz	142.20	210.—
Keulenpilz	16.50	32.—
kahler Krämpling	3.50	2.—
Sammtfuss-Krämpling	—	2.—
gelbliche Kraterelle	21.—	20.—
milder Milchling	—.60	—
Pfeffer- „	117.—	126.—
süsslicher „	14.40	1.—
wolliger „	—	5.25
Mönchskopf	36.—	25.—
rilllstielige Morchel	—	12.—
Speise-Morchel	692.50	260.—
Spitz- „	5.—	56.—
Mousseron	12.—	37.—
Parasolpilz	38.—	19.—
Perlpilz	31.50	100.—
Trompeten-Pfifferling	369.75	27.—
Kamm-Porling	—	8.—
Riesen- „	6.75	1.50
Übertrag	15,620.45	13,432.75

	1918 Fr.	1919 Fr.
Übertrag	15,620.45	13,432.75
Schaf-Porling	1.—	17.—
Schuppen-Porling	—	4.50
Schwefel- „	9.75	15.—
Semmel- „	—	17.—
Rehpilz	153.—	186.75
echter Reizker	1,003.20	898.—
echter Ritterling	34.50	49.—
gehäufter „	—	1.—
gepanzerter „	—	1.—
geselliger „	5.25	22.—
grauer „	3.—	—
kahler „	9.75	1.—
knolliger „	—	4.—
lilastieliger „	—.75	—
Mäuse- „	6.75	—
rotblättriger „	—.75	—
rötlicher „	93.75	99.—
Veilchen- „	3.—	2.—
brauner Röhrling	—	1.—
Bronze- „	5.—	67.50
gelber „	—.50	—
Gold- „	235.50	201.—
Hohlfuss- „	7.50	1.—
körniger „	68.25	33.—
Kuh- „	43.50	11.—
Maronen- „	46.50	21.—
Rotfuss- „	107.25	64.—
Rothaut- „	404.—	229.50
Sand- „	154.50	212.—
schleimiger „	26.25	28.—
schmieriger „	1.50	1.—
Trientiner „	6.—	2.—
weissgelblicher Röhrling	14.25	85.—
breitblättriger Rübling	—	1.—
Laubfreund- „	—	1.—
geschundener Schirmling	1.—	—
getropfter „	7.—	2.—
Safran- „	1.—	—
grosser Schmierling	167.75	186.—
kleiner „	22.50	21.—
beringter Schneckling	3.50	2.—
Elfenbein- „	25.50	17.—
Übertrag	18,293.65	15,937.—

	1918 Fr.	1919 Fr.
Übertrag	18,293.65	15,937.—
fleischfarb. Schneckling	202.—	12.—
gelbflockiger „	29.50	4.—
Purpur- „	15.50	9.—
Reh- „	1.50	1.—
wohlriechender „	—	3.—
Gold-Schüppling	—	5.—
Runzel- „	3.50	2.—
sparriger „	8.—	79.—
Schweinsohr	59.—	126.25
Nelken-Schwindling	—	1.—
gelber Spatelpilz	—.75	1.—
Birnen-Stäubling	12.—	28.—
Riesen- „	—	1.—
Warzen- „	83.40	129.—
Steinpilz	4,884.25	3,592.—
Stockschwämmchen	—.50	1.—
Stoppelpilz	368.25	180.—
roter Stoppelpilz	—	22.—
Gold-Täubling	1.50	1.—
Übertrag	23,963.30	20,134.25

	1918 Fr.	1919 Fr.
Übertrag	23,963.30	20,134.25
grüner Täubling	—	2.—
ledergelber Täubling	8.25	194.—
Speise- „	535.50	388.—
zierlicher „	1.—	—
Totentrompete	298.50	155.—
Anis-Trichterling	2.25	6.—
Becher- „	—	6.—
echter „	—	18.—
Lack- „	6.—	17.—
schlaffer „	—	3.—
weisse Trüffel	132.—	228.—
Löffel-Zähling	1 50	9.—
gelber Ziegenbart	355.50	328.—
grauer „	9.—	116.—
krauser „	48.—	16.—
schöner „	—	3.—
Ziegenlippe	53.25	35.—
Gallert-Zitterling	3 —	11.—
Total	25.417.05	21.669.25

(1917: Fr. 20,904.—)

Verdorbene, wurmstichige, verdächtige und gar als giftig erkannte Marktware ist ausnahmslos an Ort und Stelle von den Kontrollierenden vernichtet worden. „Verdächtige“ Schwämme werden verhältnismässig häufig auf den Markt gebracht, ab und zu erscheint auch der überaus gefährliche Knollenblätterschwamm, und da fragt es sich denn doch, ob es nicht richtiger wäre, wenn prinzipiell Verkäufern, die nicht einmal diesen Schwamm kennen und die in so bodenlos leichtfertiger Weise Gesundheit und Leben ihrer Mitmenschen aufs Spiel setzen, das Recht, Schwämme verkaufen zu dürfen, entzogen würde.

Mit der Spärlichkeit der letztjährigen (1919) Schwämme mag es zusammenhängen, dass man sehr selten etwas von durch den Genuss von Schwämmen verursachten Vergiftungen zu hören bekommen hat. Von Vergiftungen, bedingt durch nachweisbar kontrollierte Pilze hat in den beiden Berichtsjahren gar nichts verlautet, wohl aber ist eine mehrköpfige Familie anfangs November 1919 in Zürich schwer erkrankt als Folge des Genusses von selbstgesuchten, mit dem „Champignon“ (!) verwechselten grünen Knollenblätterschwämmen (dem allergiftigsten unserer Pilze, vor dessen Genuss wir nun schon so oft in unsern Jahresberichten und in den Tagesblättern eindringlich gewarnt haben).

Im Herbst 1918 sind auffallend viele Fliegenschwämme namentlich von Italienern gesammelt und verhausiert worden. Wir haben mit einem dieser Sammler gesprochen, und er hat uns stehenden Fusses durch Verspeisen eines rohen Exemplares den Beweis erbracht, dass der Fliegenschwamm (unter Umständen, fügen wir hinzu) nicht zu den Giftschwämmen gezählt sein will. Der Mann belehrte uns, dass man nur vorher die Oberhaut des Hutes entfernen müsse.

Inzwischen ist uns aber auch ein durch diesen Pilz verursachter Vergiftungsfall zur Kenntnis gebracht worden. Die Kinder der Familie Sch. in Zürich 1 berichteten, dass die Familienangehörigen nach dem Genuss von vom Vater selbst gesammelten jungen Fliegenschwämmen an Verdauungsstörungen (Übelkeit, Erbrechen usw.) erkrankt seien. Als Beweis für die Harmlosigkeit des ihnen unbekannten (!) Pilzes sei das Blankbleiben eines Silberstückes, das dem Gericht beim Kochen beigefügt worden war, angesehen worden!

Hinsichtlich dieses Schwammes herrschen die verschiedensten Anschauungen. Gramberg bezeichnet den Fliegenschwamm (*Amanita muscaria* [L.] Pers.) im I. Teil seines ganz vorzüglichen Pilzwerkes „Die Pilze unserer Heimat“ als giftig; im II. Teil, Seite 71, erwähnt er, dass z. B. Michael zwei Exemplare, deren Oberhaut entfernt worden war, unbeschadet genossen habe. Michael nennt ihn ungeniessbar und Ricken (Vademecum für Pilzfreunde [1918] erteilt ihm das Zeugnis „giftig“. Julius Rothmayr (Die wichtigsten Pilze der Schweiz für die Volksernährung [1909], Nr. 40) erzählt, wie sein eigener Knabe einen der Oberhaut beraubten Fliegenschwamm verspeist habe, ohne auch nur die geringsten unangenehmen Folgen zu verspüren. Er empfiehlt ihn indessen wegen seines unangenehmen Geschmackes im gekochten Zustande nicht als Speisepilz.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass der Fliegenschwamm in Russland und Italien angeblich zu den beliebten Speiseschwämmen gezählt wird. Wir müssen es denjenigen überlassen, die Schwämme unkontrolliert kaufen und essen, ob sie den Fliegenschwamm ihrem Speisezettel hinzufügen wollen oder nicht; ihn auf den Markt zuzulassen, dazu können wir uns im Interesse eines weiteren Publikums nicht verstehen.

Eine weitere Amanita-Art ist der Kaiserling, *Amanita caesarea* Scop., dessen Geniessbarkeit ausser Zweifel steht. Er unterscheidet sich vom Fliegenschwamm durch seine fast dottergelben Lamellen (beim Fliegenschwamm weiss), ferner besitzt der Kaiserling am Grunde des Stieles eine freie, gelappte Scheide, wogegen sich beim Fliegenschwamm die Spuren der Scheide oder Hülle am knolligen Stielgrunde

nur in Form warziger Gürtel zeigen. Die Hutoberseite des Fliegenschwammes ist des weitern mit weissen Hüllresten, soweit solche nicht etwa vom Regen abgewaschen sind, reichlich besetzt. Für den Kaiserling wird von Ricken angegeben: Hut ohne Hüllreste; von Gramberg: Hut mit wenigen grossen Hüllfetzen.

Pilzsammler machen wir darauf aufmerksam, dass junge Fliegenschwämme, die noch keine Spur von Rot erkennen lassen, leicht für Stäublinge gehalten werden. Vorsicht!

Eine gewisse Unsicherheit herrscht immer noch hinsichtlich der „Ziegenbärte“ (*Clavaria*-Arten), worauf wir bereits im Jahresbericht 1916/17 hingewiesen haben. Dr. F. Kanngiesser in Braunfels a. d. Lahn, auf dessen Urteil wir ausserordentlich viel geben, warnt neuerdings vor deren Genuss (Die Gartenwelt [1918], 367), und wir würden es nicht ungern sehen, wenn die „Ziegenbärte“ von unserm Markte verschwinden würden.

Mit dem „tränenden Ritterling“ (*Tricholoma tigrinum* Schaeff.) hat Dr. B. auf eigenes Risiko eine Kostprobe angestellt, die ihm nichts weniger als gut bekommen ist und die uns veranlasst, auch diesen Schwamm der Sicherheit halber auf den Index zu setzen. Da weitere Ritterling-Arten unbestritten als ungeniessbar bezeichnet werden, hat die Erfahrung von Dr. B. nichts Befremdliches, wie denn auch der zuverlässige Ricken den „tränenden Ritterling“ als „verdächtig“ anführt.

Mit *Clitocybe squamulosa* Pers., dem schuppigen Trichterling, sind (vorausgesetzt, dass unsere Bestimmung richtig war, was nicht völlig sicher ist, da die eingesandten Exemplare zu wünschen übrig liessen) von Herrn St. unerfreuliche Erfahrungen gemacht worden anlässlich einer Kostprobe; es scheint uns daher auch hinsichtlich dieses, von Ricken als essbar bezeichneten Pilzes Vorsicht geboten. Verschiedene der Trichterlinge aus der Clitocybe-Gruppe gilva-inversa sind allermindestens verdächtig.

Um den Pilzfreund in den Stand zu setzen, jederzeit rasch und mit einiger Sicherheit feststellen zu können, ob er es mit dem tötlichen Knollenblätterschwamm (Sammelname) oder mit dem wohlschmeckenden Champignon, mit dem er von den Speiseschwämmen wohl allein verwechselt werden kann, zu tun hat, stellen wir hier die auffallendsten Unterscheidungsmerkmale zusammen.

Da seit einiger Zeit neben der mit einer Scheide versehenen *Amanita phalloides* (Fr.) Quél. auch die mit hinfälliger Scheide versehene *Amanita Mappa* (Batsch) Quél (= *A. citrina* Roques) auf unserem Markt auftritt und wir daher auch letztere zu berücksichtigen

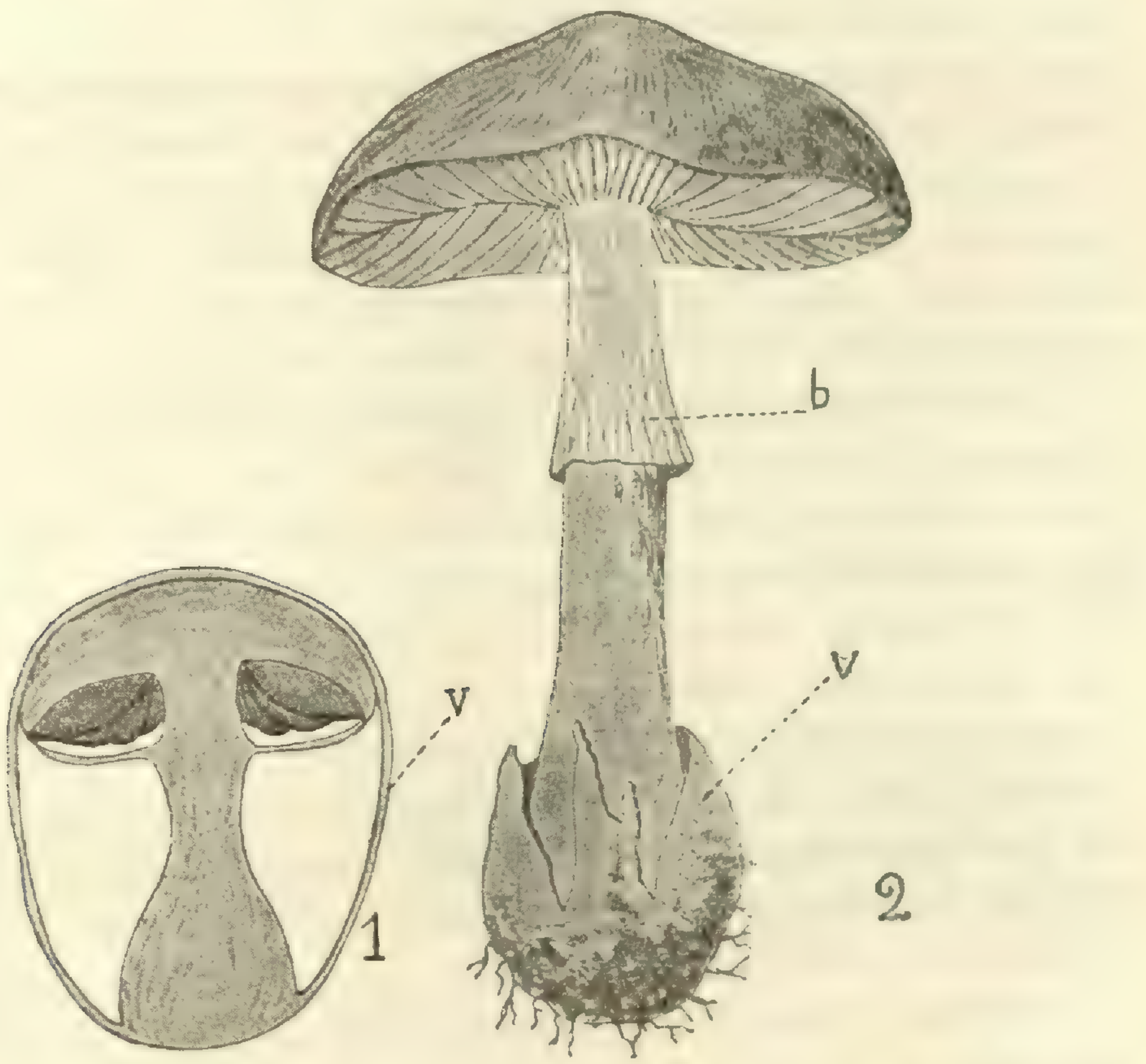
haben, differiert, abgesehen von anderen kleinern Korrekturen, die nachfolgende Zusammenstellung der Unterscheidungsmerkmale von der in unsern früheren Jahresberichten gegebenen in mehreren Punkten und nimmt damit Rücksicht auf die gegenwärtigen Verhältnisse.

	Champignon	Knollenblätterschwamm
Geruch:	angenehm, mandelnuss- od. anisartig	unangenehm, ähnlich einer frisch durchschnittenen Kartoffel, zum Teil süsslich
Oberhaut des Hutes:	ziemlich derb, ohne Fetzen der äusseren Hülle	dünn, häufig mit Fetzen der äusseren Hülle besetzt, die aber bei Regen leicht abgewaschen werden.
Fleisch: (unzuverlässiges Merkmal)	ziemlich dick beim Wiesen- oder Feldchampignon (Psalliota campestris), ziemlich dünn dagegen beim Schafchampignon (Psalliota arvensis)	sehr dünn
Blätter auf der Unterseite:	zuerst weiss, später rosarot bis schwarz	bleibend weiss
Sporen:	purpurbraun bis schwarz	weiss
Stiel:	gedrungen, starr u. brüchig, wenig biegsam, am Grunde schwach verdickt oder abgestutzt gerandet	schlank, biegsam, über dem Ring fein eingedrückt längsliniert, am Grunde mit dicker, berandeter Knolle (Amanita Mappa) oder in einer Scheide steckend (Amanita phalloides)
Scheide: (Fig. 2, v)	fehlend	bei Amanita phalloides vorhanden, bei Amanita Mappa sehr hinfällig, an deren Stelle die Knolle oben berandet
Ring: (Fig. 2, b)	meist derbhäutig, dauerhaft (doch trifft man gelegentlich auch ringlose Exemplare an)	zarthäutig, dünn, bei Berührung oft am Finger haftend.

Handelt es sich um erwachsene Exemplare, dann ist die Erkennung kinderleicht, da nur die Blätter des Champignon dunkel gefärbt sind; sind aber die Exemplare noch jung, ist vielleicht die Hülle noch teilweise geschlossen, dann sind auch die Blätter des Champignon weiss, gleich denen des Knollenblätterschwammes, und wer sich dann nicht auf die Feststellung des Geruches verlassen kann

oder will, der verzichtet am besten auf den Genuss. Einen besseren Rat vermögen wir nicht zu geben.

Wir warnen neuerdings eindringlichst vor dem Abstellen auf die leider trotz aller Warnungen und Erfahrungen immer und immer wieder praktizierten Erkennungsmittel, wie Kochen des Gerichtes mit einem silbernen Löffel usw. Diese sogenannten Erkennungsmittel sind absolut wertlos, ja noch mehr, sie sind geradezu ausser-



Schematische Zeichnung eines Hutpilzes mit Ring (b) und Scheide oder Manchette (v). Fig. 1, junger Fruchtkörper, noch eingehüllt von der später (Fig. 2) als Scheide zurückbleibenden Volva. — Nach Guyénot in Biologica II (1912), 298.

ordentlich gefährlich, weil das Nichtanlaufen des Löffels kein Indizium für die Harmlosigkeit des gekochten Schwammes ist.

Wir warnen aber auch ausdrücklich die Schwammfreunde vor unfrischer, unsauberer, schlampiger, wurmstichiger Ware: denn auch sonst harmlose Schwämme können in diesem Zustande der Eiweisszersetzung sehr gefährlich sein. Also gesammelte oder gekaufte Schwämme nicht zwei, drei Tage liegen lassen, lieber sofort trocknen und trocken aufbewahren.

Dem, der Schwämme sammelt oder kauft und vielleicht trotz der Kontrolle sich einer gewissen Ängstlichkeit nicht zu erwehren

vermag, dem raten wir an, die Schwämme zu trocknen und sie dann zu Mehl (Kaffeemühle) zu vermahlen, je feiner umso besser; denn nach den untrüglichen Erfahrungen Schmidts, Klostermanns und Scholkas (Deutsche Medizin. Wochenschr. 44 [1918], 873 und auch 43 [1917], Nr. 39) wird durch das Pulverisieren das Eiweiss viel besser aufgeschlossen als durch blosses Kochen, und „scheinen“ nach anderweitigen Erfahrungen die giftigen oder gesundheitsschädlichen Verbindungen in wirkungslose Form übergeführt zu werden. Dr. Hermann Caesar (Badischer Landesverein für Naturkunde und Naturschutz in Freiburg i. Br. [1918]) weist allerdings darauf hin, dass durch das Pulverisieren, hauptsächlich aber durch das Dörren, das vom Kenner so geschätzte Aroma zahlreicher Edelpilze verloren gehe und dass man diese Behandlung eigentlich auf die minderwertigen Schwämme beschränken sollte. Sicherlich empfehlenswert ist das Trocknen und Pulverisieren für die Zeiten des Pilzüberflusses.

Durch Kochen mit doppelkohlensaurem Natron scheinen sich die Schwämme entgiften zu lassen, auch hierüber berichtet Dr. Hermann Caesar l. c. und in „Der Pilz- und Kräuterfreund“ III (1912), 187, immerhin dürften noch weitere Versuche in dieser Richtung angezeigt sein.

Schliesslich machen wir darauf aufmerksam, dass gedörrte und grob pulverisierte Schwämme — übrigens auch rohe oder abgekochte, — vermischt mit Getreide- oder Maisschrot — wobei allerdings der Getreide- oder Maisschrot an Gewichtsmenge überwiegen muss — ein sehr gutes Hühnerfutter abgeben. Hiezu können z. B. auch verdorbene Schwämme, solche, die durch den Transport gelitten haben, verwendet werden. Ausgeschlossen von dieser Verwendung sind die eigentlichen Giftpilze, der büschelige Schwefelkopf und der Dickfussröhrling. Rothmayr endlich empfiehlt das Pilzfutter als Fischnahrung.

Zürich, im Mai 1920.

Radioaktivität einiger Schweizergesteine.

Zweiter Teil.

Von

Hans Hirschi (Braunwald).

Mit 3 Diagrammen, 3 Tabellen, 1 Figur und 3 Skizzen.

(Als Manuskript eingegangen am 27. April 1920.)

Im laufenden Jahrgang dieser Zeitschrift wurde in einem ersten Teil die mikroskopische Analyse einiger granitischer und syenitischer Gesteine aus der Schweiz gegeben, die durch meist reichlich anwesende Radiohalos eine nicht unbedeutende Radioaktivität verrieten. Es soll nunmehr die Radioaktivität derselben auf Grund elektrometrischer Messungen dargelegt und der hieraus sich ergebende Gehalt an radioaktiven Stoffen berechnet werden. Der Leserkreis, an welchen sich diese Arbeit in erster Linie richtet, wird meist nicht in der Lage sein, die auf dem Gebiet der Radioaktivität erscheinende Literatur zu studieren und so mag es berechtigt erscheinen, wenn statt einer nur nackten Wiedergabe der Messanordnungen, Apparaturen und Messresultate, einige Worte über die heute am meisten vertretenen Anschauungen über das Wesen der Radioaktivität vorausgeschickt wird.[1]) Da nun aber die Forschungen an radioaktiven Elementen besonders über den Aufbau der Atome ganz neue, viel versprechende Ideen geweckt und die Atomstruktur zum Ausgangspunkt der Radioaktivität gemacht haben, ist es nicht möglich, über letztere zu sprechen, ohne auch den Bau der Atome zu berücksichtigen.

Allgemeines über die Struktur der Atome und die Radioaktivität.

Um also die Vorgänge zu verstehen, wie sie sich beim radioaktiven Zerfall eines Atoms abspielen, wird man sich über den Aufbau derselben eine Vorstellung zu machen versuchen. Dieses schon so alte Bedürfnis nach Erkenntnis über den Bau der Atome ist nun durch die Entdeckung der Radioaktivität und ihrer eigentlichen

[1]) Die Messresultate, Apparaturkonstanten etc. sowie Schlussfolgerungen spez. geophysikalischer Art werden später in einem dritten Teil erscheinen.

Quelle wieder mächtig angeregt worden, indem gleichzeitig neue Ausblicke für diese Erkenntnis geöffnet werden. Eine grosse Anzahl von Hypothesen über den Bau der Atome sind aufgestellt und teilweise durch Modelle zur Darstellung gebracht worden. Unter diesen Modellen ist besonders dasjenige von Rutherford-Bohr in den Vordergrund getreten, weil es sich in mancher Hinsicht bereits sehr bewährt hat. Dieses Modell versinnlicht einen positiv geladenen, relativ sehr kleinen Kern mit einem Radius, je nach dem Element, von der Grössenordnung 10^{-12} bis 10^{-14} cm (für den positiven Kern des Wasserstoffatoms wird jetzt nur 10^{-16} cm gefunden), und von einfach negativ geladenen Teilchen, den Elektronen, in ganz bestimmten Bahnen, den Elektronenringen, oder besser gesagt den Elektronenschalen, umkreist wird.[1]) Im einfachsten Fall beim Wasserstoffatom umkreist ein Elektron den einfach positiv geladenen Kern. Die Masse[2]) eines Elektrons ergibt sich zu nur $^1/_{1835}$ der Masse des leichtesten positiv geladenen Teilchens, des Wasserstoffions. Dies ergibt, dass die Gesamtelektronenmasse eines Elementatoms — im Maximum, beim Uran, hat man 92 Elektronen um einen Kern mit 92facher positiver Elementarladung — gegenüber der Kernmasse stets verschwindend klein bleibt. Die Grössenordnung des Radius eines Elektrons berechnet sich auf 10^{-13} cm ($2{,}8 \cdot 10^{-13}$), während derjenige äusserster Elektronenbahnen eines Elementatoms diejenige von 10^{-6} bis 10^{-8} cm erreicht.[3]) Zu diesen Grössen wurde man u. a. geführt durch die Re-

[1]) Rotation um den Kern wird u. a. angenommen, um zu erklären, warum die Elektronen der anziehenden Kraft des Kerns standhalten. Zudem ist man in der Atomistik der Elektrizität — gefördert durch die Kristallgitter — zum Schlusse gedrängt worden, dass die Anziehung von positiven und negativen Elementarladungen einen Grenzwert erreicht, bei welchem der anziehenden Kraft sich eine abstossende gegenüberstellt und erstere kompensiert.

[2]) Der frühere Begriff: träge Masse, Materie, Stoff, ist nach den neuesten Erkenntnissen eine Eigenschaft resp. Manifestation elektrischer Ladungen. Man spricht von elektromagnetischen Massen sowohl bei Atomkernen als bei Elektronen. Prinzipiell könnte man die Atomkerne wenigstens im einfachsten Fall — beim einfach positiv geladenen Wasserstoffkern — auch Elektronen und zwar positive Elektronen nennen.

[3]) Im Rutherford-Bohrschen Atommodell kreisen also die elektromagnetisch leichten (voluminösen) Massen um den schweren (dichten) Kern — dies ist ein Gegensatz zum Planetensystemsinnbild —. Im Fall des Wasserstoffatoms ist die positive Ladung auf einen Raum von einem Radius der Grössenordnung 10^{-16} cm konzentriert, die negative Ladung des Elektrons dagegen auf einen Raum mit Radius von der Ordnung 10^{-13} cm. Die schwere positive Elementarmasse und die leichte negative Elementarmasse, beide Träger des Ladungsquantums $e = \pm 4{,}774 \cdot 10^{-10}$ ESE, wäre also, im Sinne der Elektrostatik, ein Volumenproblem, sodass die häufige Angabe, die positive Elektrizität sei stets an Materie gebunden, während

flexionserscheinungen der α-Strahlenteilchen an Atomen bezw. Molekülen, die Ablenkung der α- und β-Strahlen im magnetischen und elektrischen Felde, die Emission der Spektren, besonders der Hochfrequenzspektren (Röntgenspektren) etc. Die Reflexion, die z. B. ein α-Strahl beim Zusammentreffen mit einem Atom erleidet, führt zum Schluss, dass nur räumlich sehr konzentrierte elektrische Ladungen, also sehr kleine Kerne mit gewaltigen Kraftfeldern, so intensive Kraftwirkungen ausüben können, wie die da in Erscheinung tretenden. Jedem Atom der verschiedenen Elemente entspricht nach der heutigen Auffassung eine bestimmte Kernladung (van den Broecksche Kernladungshypothese) und ein bestimmtes Elektronensystem. Die Kernladung bestimmt das Atomgewicht und nimmt mit diesem, entsprechend der sogenannten Ordnungszahl zu. Mit der Kernladung steigt die Anzahl der Elektronen und Elektronenringe bezw. Elektronenschalen,[1]) diese, im Sinne Bohrs, mit verschiedener Zahl Elektronen besetzt. Im neutralen Atom resp. Molekül ist die algebraische Summe der positiven[2]) Kernladungen gleich derjenigen der negativen Elektronen um den Kern, im Gegensatz zu den positiv oder negativ geladenen und daher chemisch aktiven Ionen (Atomionen und Molionen). Das Heliumatom (= Edelgas, stabiles Atom ohne Ionenbildung) mit zwei positiven Kernladungen hat zwei einfach negativ geladene Elektronen in einem Ring, Chlor mit 17 Kernladungen (Ordnungszahl 17) hat 17 Elektronen, die sich nach den neuesten Auffassungen auf drei Schalen verteilen: 2 auf eine innerste, 8 auf die zweite und 7 auf die äusserste dritte Schale. Die innersten Elektronen macht man für die Emissionen von Spektren verantwortlich, während die Elektronen der äussersten Schale für die Valenz des Atoms von fundamentaler Bedeutung sind. Mit wachsender Kernladungszahl werden die Elektronen fester an den Kern gekettet, was u. a. in der Frequenzzunahme der Röntgenspektren zum Ausdruck gelangt. Anstelle des Atomgewichts kann man

---

negative Ladungen ohne solche frei existenzfähig seien, sich erübrigen liesse. Ob die Atomkerne und die Elektronen noch eine Eigenrotation um eine Axe haben, ist ein ungelöstes Problem.

[1]) Ausser bei den leichtesten Elementen ist man entgegen dem Bohrschen Modell (speziell in bezug zu den Kristallgittern = regelmässige Anordnung von elektrischen Ladungen, die nach Feldgesetzen auf einander einwirken) gezwungen, an Stelle der ringförmigen Anordnung in gleicher Ebene eine räumliche Anordnung der Elektronen anzunehmen, weshalb man nunmehr von Schalen statt von Ringen spricht.

[2]) Diese negativen und elementaren Ladungen entsprechen Elementarladungen $e = 4{,}774 \cdot 10^{-10}$ E S E, unterscheiden sich also nur durch das Vorzeichen, d. h. die Feldrichtung.

für viele Zwecke besser die Ordnungszahl resp. Kernladungszahl[1]) setzen. Das, angeregt durch Rutherford, von Bohr und andern unter Verknüpfung mit der Planckschen Quantentheorie entwickelte Atommodell, das in den einfachsten Fällen[2]) bis zu einem gewissen Grade mit dem Planetensystem vergleichbar ist, leuchtet durch seine elegante Einfachheit und Natürlichkeit weit über die wissenschaftlichen Kreise hinaus und ist daher schon sehr populär geworden. In der Physik hat es zu einer überraschend einfachen und doch weitgehenden und sehr vollständigen Theorie der Spektrallinien geführt. Unter der Annahme, dass die Linien der Röntgenspektren von gesetzmässig schwingenden Elektronen innerhalb den innersten Schalen resp. solchen, die von einer Schale in die andere überspringen, erregt (oder absorbiert) werden, lassen sich die bei einem Element beobachten Spektrallinien berechnen. Um zu zeigen, in welch' wichtige Bahnen uns die neuere Atomtheorie gelenkt hat, werden hier einige Diagramme wiedergegeben, welche die zuerst von Moseley entdeckte Gesetzmässigkeit zwischen Ordnungszahl und Röntgenspektrum veranschaulichen.[3])

Als weitere aussergewöhnliche Früchte der modernen Atomtheorie müssen vor allem noch angedeutet werden: Die Erklärung der Balmerschen Serien im Wasserstoffspektrum und die Rydbergsche Konstante. Auf andern Gebieten der Physik warten ihrer noch ungeahnte Triumphe. Wenngleich das Wesen des Atoms, sein materieller Ausdruck, bezw. sein Energieinhalt und dessen Was und Wie im Dunkeln bleibt, kann doch das Bohr-Rutherfordsche Modell als eine äusserst fruchtbare Arbeitshypothese betrachtet werden. Von den neuesten von Sommerfeld, Kossel, Born, Landé, Lenz u. a. entwickelten Atommodellen ist hier abgesehen worden,

---

[1]) Bei den leichtern Elementen bis zum Kalzium ist merkwürdigerweise diese Kernladungszahl gleich der Hälfte der Atomgewichtszahl, ausgenommen beim Wasserstoff, wo beide Zahlen gleich 1 sind.

[2]) Im einfachsten Fall beim Wasserstoffatom ergibt sich nach dieser Theorie eine positive Kernladung, um die ein Elektron in einem einquantigen Kreis von $0{,}55 \cdot 10^{-8}$ cm Radius mit einer Frequenz von $6{,}2 \cdot 10^{15}$ sec. kreist. (Über die Quantentheorie orientiert sehr klar das Planck-Heft: „Die Naturwissenschaften". Heft 19, 1918.)

[3]) Aus dieser Gesetzmässigkeit ergibt sich die Konsequenz, dass der Aufbau des innern Atomteiles ein analoger sein muss, dass also die die Röntgenspektren erzeugenden innersten Elektronenschalen von gewissen Elementen ab qualitativ identisch sein müssen, da sie qualitativ dieselben Spektren geben.

Durch den fundamentalen Charakter, welchen die Atomnummern gewinnen, weiss man nun in Verbindung mit dem $\sqrt{\nu}$-Gesetz genau den Platz der Elemente im periodischen System und hat weiter gefunden, dass nur noch 5 Elemente zu entdecken bleiben.

$\sqrt{1/\lambda} \times 10^{-4}$ — Ordnungszahl und Röntgenspektrum der Elemente. [1] — Diagramm I.

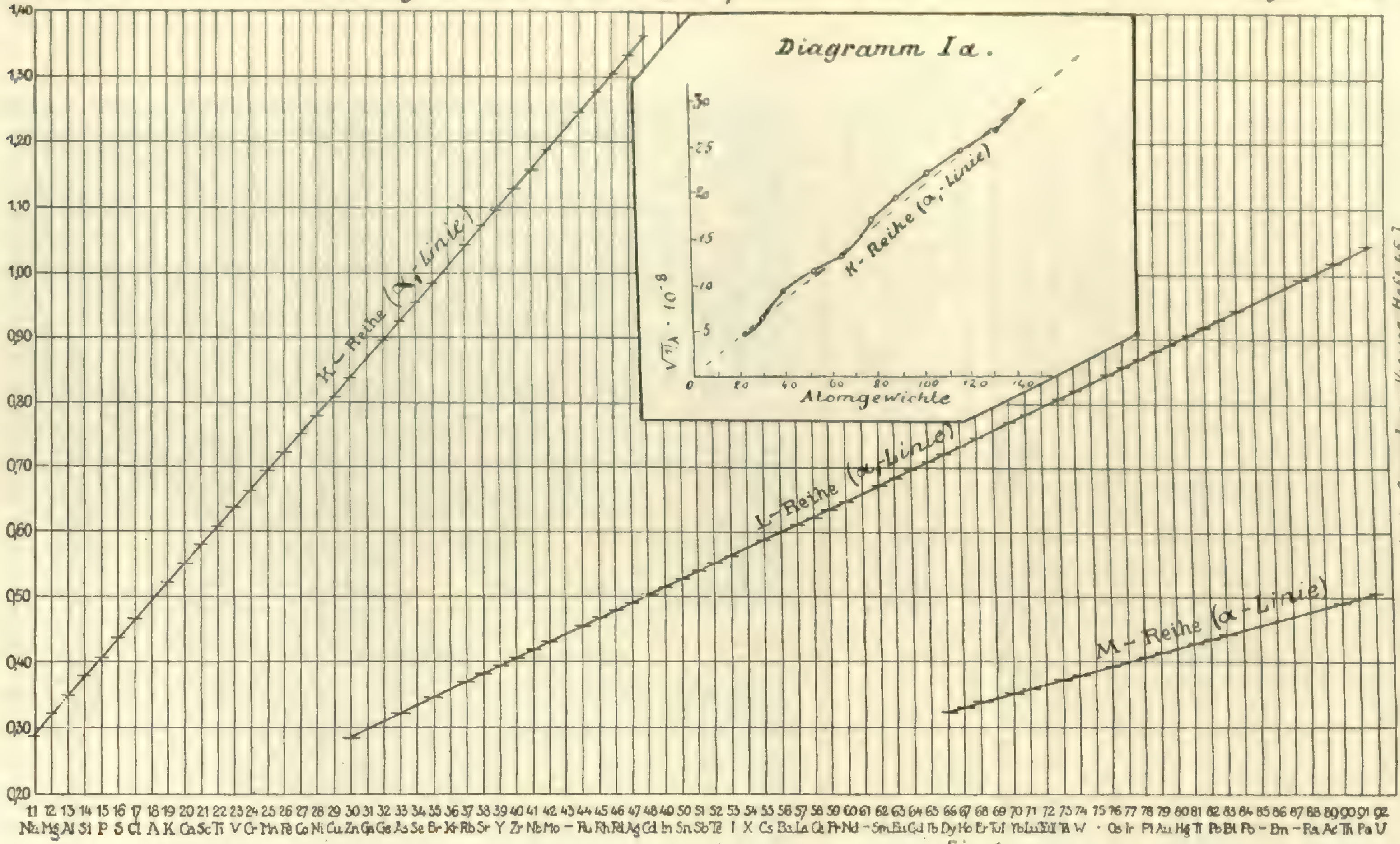
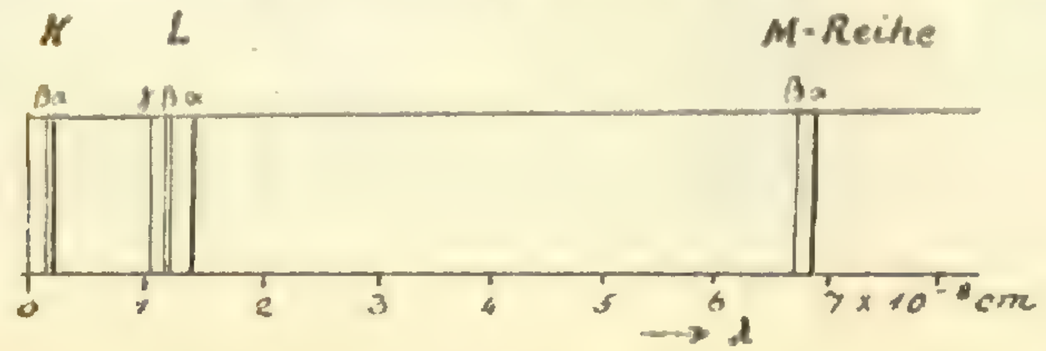


Diagramm Iα.

[Nach Fajans: Radioaktivität. Sammlung Vieweg Heft 45]

Fig. 1.

λ = Wellenlänge.
$1/\lambda$ = Schwingungszahl.



Schema eines Röntgenspektrums.

[1]) Die $\sqrt{\ }$ aus den Schwingungszahlen ($1/\lambda$ = [v] Frequenz) ist eine streng lineare Funktion der Ordnungszahlen und nicht der Atomgewichte. $\sqrt{v} = c \cdot N$, wo c eine Konstante und N die Ordnungszahl ist. Bei den Elementen unterhalb Natrium wird nur sichtbares und ultraviolettes Licht aber keine Röntgenstrahlung erregt.

da sie prinzipiell sich doch nicht allzuweit von dem Bohr-Rutherfordschen Modell entfernen.

Diese wenigen Worte sollten für die ebenfalls knappen, nun folgenden Erörterungen genügen.[1])

Die Radioaktivität ereignet sich nach den gegenwärtigen Anschauungen dadurch, dass doppelt positiv geladene α-Teilchen (Heliumkerne) mit bis $^1/_{15}$ der Lichtgeschwindigkeit das Atom verlassen[2]), wodurch oft gleichzeitig oder als Folge weiterer unstabiler Zustände im Atom, β-Strahlen mit bis nahezu Lichtgeschwindigkeit aus den Elektronenschalen geschleudert werden.[3]) Besonders mit dieser β-Strahlung verknüpft denkt man sich die auftretende γ-Strahlung, die, als elektromagnetische Impulswellen, ihre Anregung durch Elektronenschwingungen in den Elektronenschalen empfangen. Es wirft sich nun aber die sehr wichtige Frage auf, ob diese α-Strahlen wirkliche Bruchstücke des Atomkerns sind oder nicht. Ist ersteres der Fall, so müsste man sich, vielleicht besonders die schweren Elementatome, als z.T. wenigstens, aus Heliumatomen „zusammengeschachtelt“ denken, ihre positiven Kerne bis zu einem gewissen Grad vereinigt, ihre Elektronen in die Elektronenschalen gewandert. Diese Annahme würde auch in einfacher Weise erklären, warum nur doppelt positiv geladene Heliumkerne ausgeschleudert werden, also gewissermassen ihre Elektronen in den Schalen im Stiche lassend, welche dann erst später, weil das Gleichgewicht im Atom störend, ebenfalls zur Ausstossung

---

[1]) Über die Atomstruktur nach den neuesten Auffassungen orientiert uns u. a. folgende Literatur:

Sommerfeld: Atombau und Spektrallinien 1919 (Verlag Vieweg).

Born: Das Atom. „Die Naturwissenschaften“, Heft 12, März 1920.
Brücke zwischen Chemie und Physik. Ebenda. Heft 20, Mai 1920.

Graetz: Die Atomtheorie. Zweite Auflage. Im Verlag Engelhorns Nachfolger.

Kossel: Über die physikalische Natur der Valenzkräfte. Ann. der Physik. 1910.
Die Naturwissenschaften. Heft 19/20, 1919.

Ladenburg: Die Elektronenordnung der grossen Perioden. Ebenda. Heft 1. Januar 1920.

Marx: Handbuch der Radiologie. Bd. V. Verlag Akadem. Verlagsgesellschaft Leipzig.

Berthoud, A.: I. Teil der Verh. der Schweiz. Naturforschenden Ges. 1919.

Mecklenburg: Die experimentelle Grundlegung der Atomistik, Jena 1910.

[2]) Diese α-Strahlenemission erfolgt quantitativ nach dem Wahrscheinlichkeitsgesetz, so dass pro Zeiteinheit von einer gegebenen Zahl Atome im Mittel eine bestimmte Zahl zerfällt unter α-Strahlenemission.

[3]) In neuerer Zeit werden auch öfters die β-Strahlen als z. T. aus dem Atomkern stammend angesprochen, sodass selbst der Kern wiederum als kompliziertes System von Kraftfeldern erscheint. Immerhin kann man vorläufig die innersten Elektronenschalen für diese Strahlen heranziehen.

gelangen, z. T. auch wohl direkt vom herausfliegenden α-Teilchen herausgeschossen werden. Unerklärt bleibt indessen der explosionsartige Zerfallsprozess, ferner das ausschliesslich beobachtete Ausstrahlen von nur Heliumkernen, während Wasserstoffkernstrahlen wenigstens bis anhin noch nicht nachgewiesen sind. Will man nun aber die Heliumkerne in den α-Strahlen nicht als Bruchstücke eines radioaktiven Kerns betrachtet wissen, so könnte man sie, wie der Verfasser für möglich hält, als gewaltsam im radioaktiven Atom zur Aufnahme gebrachte Heliumatome bezeichnen[1]), gewaltsam in bezug zu den Bedingungen an der Erdoberfläche, nach welcher diese Atome nachträglich gerückt wurden. Die positive Ladung, welche diese Heliumstrahlen mitführen, könnte dann als eine Art Influenzladung betrachtet werden, welche beim Passieren des negativen Kraftfeldes der Elektronenschalen angenommen wird.[2]) Die beim radioaktiven Zerfall explosionsartig wirkenden Kräfte wären nun gleichbedeutend mit sich auslösenden Spannungen und Drucken (nicht im gewöhnlichen mechanischen Sinne verstanden), deren Energiequellen Relikte einstiger höherer Energiezustände sind. Nach dieser, vom Verfasser aufgeworfenen Vorstellung würden mithin die Elemente mit hohem Atomgewicht allgemein unter entsprechend hohen Drucken und Temperaturen im Erdinnern gebildet sein, wobei die schwersten, von Blei aufwärts, unter den uns zugänglichen physikalischen Bedingungen erkennbar unbeständig, d. h. radioaktiv sind. (Kalium und Rubidium sind nur β-Strahler). Dass nur Heliumatome (Helium ist chemisch inaktiv, ein einatomiges Edelgas) bei den radioaktiven Prozessen zur Ausstossung gelangen — oder möglicherweise noch wenige Wasserstoffkerne — ist äusserst bemerkenswert, da dies ebenfalls am ehesten auf tiefe Bildungsherde hinweist, wo Helium gegenüber Wasserstoff infolge seiner chemischen Inaktivität, Stabilität und grössern Dichte ausschliesslich oder nahezu ausschliesslich anwesend und disponibel sein dürfte.

Wenn also angenommen wird, dass die Elemente das Resultat der geophysikalischen Zustände ihres Bildungsherdes sind, so würde

---

[1]) Bei den leichten Elementatomen sind, wie oben erwähnt, deren Kernladungszahlen etwa die Hälfte der Grösse des Atomgewichts, während bei den schweren Atomen diese Ladungszahlen immer mehr hinter der halben Grösse ihrer Atomgewichte zurückbleiben. Dies könnte vielleicht durch solche keine Kernladung bedingende Atome erklärt werden.

[2]) Diese interatomistische Ladungsübertragung resp. Influenz kann von unsern in der Physik gebräuchlichen Vorstellungen und Erfahrungen abweichen. Überhaupt sollte vielleicht die Erscheinung der Influenz etwas mehr als bis dahin zur Erklärung des Atoms herangezogen werden.

damit ferner ausgesprochen sein, dass verschiedene Elemente, besonders solche mit ähnlichen Atomgewichten neben einander existieren können, also z. B. Uran neben Radium und Blei, ohne dass die letzteren zwei Elemente als Folgeprodukte (Zerfallsprodukte) von Uran zu gelten hätten. Unter bestimmten geophysikalischen Bedingungen können also z. B. Radium, Thorium X etc. primäre Systeme sein. Für die absoluten Altersbestimmungen von Mineralien und Gesteinen nach der Blei- oder Heliummethode, würde aber eine solche Annahme zu einer verwickelten Sachlage führen. indem Uran und Thorium dann nur noch z. T. als Mutterelemente eingesetzt werden könnten. Jedenfalls wird es in Zukunft nicht ganz überflüssig sein, die zu Altersbestimmungen herangezogenen Mineralien hinsichtlich ihres möglichen Bildungsherdes zu interpretieren.

Rutherford[1]) hält es indessen für wahrscheinlich, dass bei der Bildung eines Uranminerals dieses ohne seine Folgeprodukte abgelagert werde. Dies wird wohl um so mehr der Fall sein, je weiter vom Bildungsherd des Uranatoms entfernt, nach der Erdoberfläche zu, diese Ablagerung sich vollzieht.

Die oben vertretene Annahme, dass z. B. das Radium unter geeigneten physikalischen Bedingungen eine primäre Bildung sein könne, schliesst weiter in sich, dass die in uns zugänglichen Tiefen als radioaktiv geltenden Elemente es in genügend grossen Tiefen nicht mehr sind, dort also keine radioaktiven Zerfallsprozesse bei den uns bekannten Elementen sich vollziehen. Durch ein derartiges Postulat würde die Erörterung des Wärmehaushaltes der Erde inbezug der bei den radioaktiven Prozessen frei werdenden Wärme vereinfacht. Die unbedingt wenig befriedigende Annahme, die noch immer gemacht wird, dass die radioaktiven, wärmespendenden Elemente der Uran-Thorreihe nur bis zu einer bestimmten Tiefe in ähnlicher Konzentration wie in den Erdoberflächeschichten zugegen sei können[2]),

---

[1]) Rutherford: Radioaktive Substanzen. — Marx: Handbuch der Radiologie, pag. 410.

[2]) Experimentell wurde bis zu Drucken von 24,400 Atmosphären und Temperaturen bis zu 2500° festgestellt, dass die Zerfallsgeschwindigkeit der radioaktiven Elemente nicht beeinflusst wird. Dieser Druck entspricht bereits einer Erdtiefe von ca. 80 Kilometern. Nun wird resp. kann in Anbetracht des Wärmehaushaltes der Erde nur bis in eine Tiefe von 16 km der U-Ra-Th-Gehalt angenommen werden. Vom geologischen Standpunkte aus muss nun aber dazu bemerkt werden, dass abgesehen von Sedimenten mit sekundärem Gehalt an radioaktiven Stoffen, diese letztern in der äussern Erdrinde nur lokal in bedeutsamen Mengen vorkommen und zwar in aus grossen Tiefen stammenden Durchbruchgesteinen und deren verschiedenen Ausläufern (auch pneumatolitischer Art). Wir werden ferner stark radio-

da sonst der Wärmeverlust der Erde mehr als kompensiert würde, käme in Wegfall, um einer ungezwungeneren Annahme Platz zu machen. Die schweren Elemente, darunter auch Uran, Thor etc. müssten nach der Tiefe prozentuell eher zunehmen, dagegen nimmt die Labilität, d. h. die Radioaktivität der schwersten Elemente, mit der Tiefe ab und verschwindet, und schliesslich könnte sogar in noch grösserer Tiefe ein Bildungsherd von höheren Elementatomen folgen.[1])

Der Einwand, dass es uns bis jetzt nicht gelungen ist, die radioaktiven Zerfallsprozesse irgendwie zu beeinflussen, ist für den Verfasser nicht schwerwiegend genug, um obige Darlegung hinfällig zu machen. Im Laboratorium kann man nicht die Bedingungen schaffen, wie sie in grossen Tiefen von Himmelskörpern vorhanden sind. Wir wollen nicht unterlassen, noch auf die astronomischen Forschungsresultate hinzuweisen, besonders auf die spektralanalytischer Natur, die uns auf einen Werdegang von sehr heissen Gebilden mit nur leichten Elementen zu solchen mit niedrigerer Temperatur und schwererern Elementen aufmerksam machen und damit auch auf den Werdegang der Elemente selbst.[2]) Wie alles in der Natur, sind wohl auch sämtliche Elementatome einem steten Wandel unterworfen in Aufbau und Abbau, vielleicht aus etwas entstehend und in etwas zurückgehend, das das ganze Weltall erfüllt und das wir weder als Energie noch als Materie zu empfinden noch zu deuten vermögen.

Damit sind wir bereits tief in spekulatives Gebiet vorgerückt, in das man durch die wundersamen radioaktiven Phänomene unwillkürlich hinein- und hinaufgezogen wird.

Wenden wir uns wieder zurück zu Beobachtungsresultaten im radioaktiven Zerfallsprozess in Beziehung zum periodischen System und zur Isotopie.

Fajans und Soddy haben uns zuerst auf die sog. radioaktiven Verschiebungssätze und die Existenz isotoper Elemente hingewiesen. Die Verschiebungssätze besagen, dass durch eine α-Strahlung die Valenzgruppe um zwei Einheiten vermindert, durch den Verlust einer negativen Ladung (β-Strahl) um eine Einheit vermehrt wird. Ein Diagramm der Uran-Thorium-Aktinium-Zerfallsreihe soll dies erläutern.

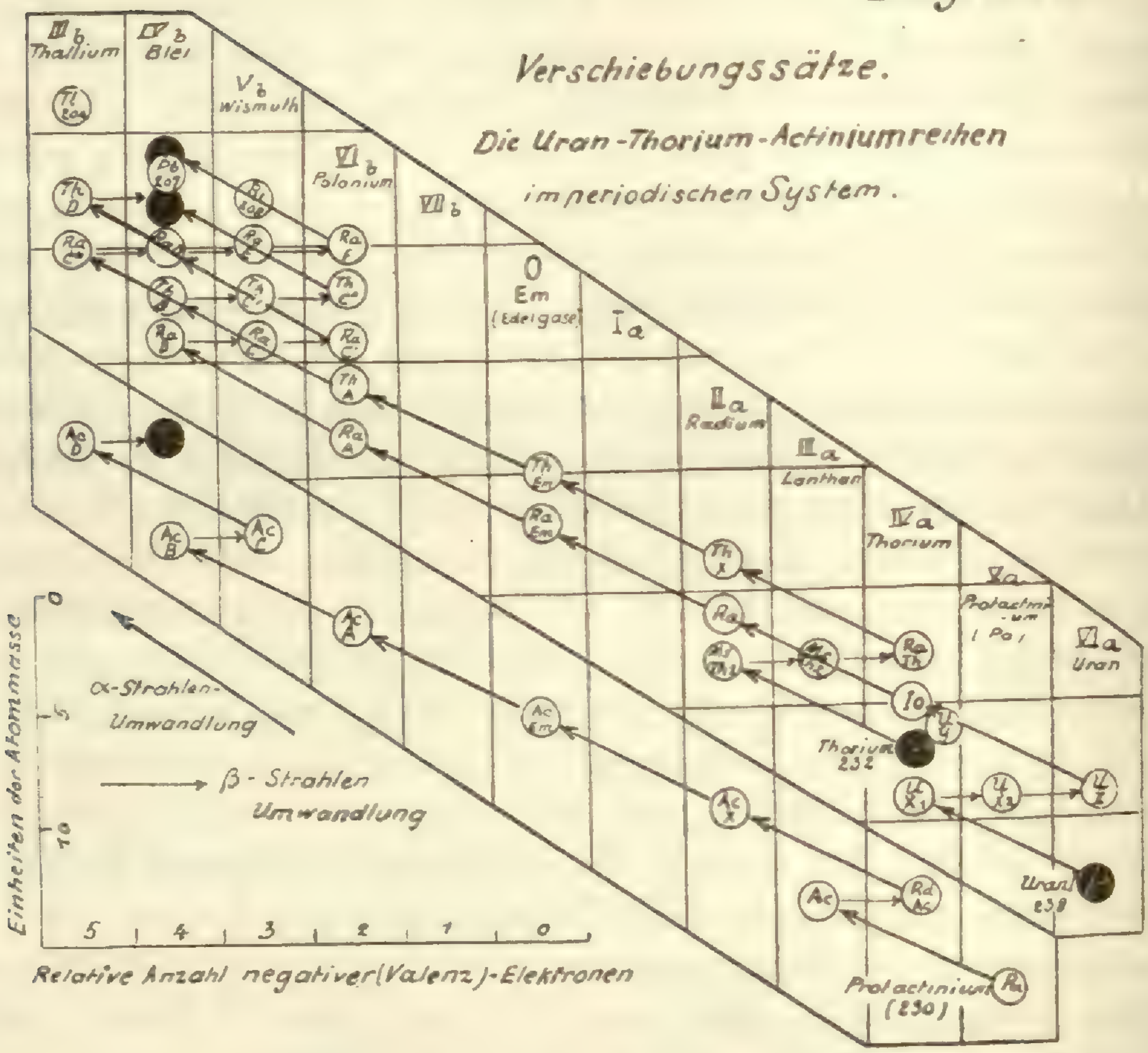
---

aktive Granit- und Syenitmassen nachzuweisen imstande sein, deren Magmaherde zweifellos wenigstens einige hundert Kilometer tief liegen.

[1]) Vielleicht geben uns darüber aus sehr grossen Tiefen kommende vulkanische Durchbrüche Aufschluss. Ob die durchdringende Strahlung in den oberen Atmosphäre-Schichten (Hesssche Strahlung) von radioaktiven vulkanischen Exhalationen herrührt, von radioaktiveren Elementen als den uns bekannten?

[2]) „Evolutionstheorie" des englischen Astronomen Lockyer.

Diagram II.



In diesem Diagramm finden sich nun in den gleichen Valenzgruppen, an den gleichen Stellen zusammengeschart, mehrere Radioelemente, die nach Fajans „Pleyaden“, nach Soddy „isotop“ bezeichnet werden.[1]) Diese die gleiche Stelle im periodischen System besetzenden Elemente von verschiedenem Atomgewicht können bis jetzt als chemisch untrennbar gelten und auch in ihren Spektren verhielten sie sich bis dahin wie ein und dasselbe Element, abgesehen von kleinsten, im Bereich von Beobachtungsfehlern liegenden Abweichungen.[2]) Durch ein verschiedenes Mischungsverhältnis unter sich isotoper Elemente erhalten wir scheinbar einheitliche Elemente von den verschiedensten Atomgewichten. Z. B. hat das Thorblei (Th D) (theoretisch) einen Wert von 208,14, das gewöhnliche Blei 207,18 und das Radium G (Uranblei) 206,0. Da diese Bleiisotopen noch durch kein Verfahren trennbar sind, hat man auch wohl angenommen, das gewöhnliche Blei sei

[1]) Siehe Tabelle 2.

[2]) Nicht ausgeschlossen wäre die Möglichkeit, dass Isotopie durch selbständige Atome (Helium, Wasserstoff) am Kern oder in den Elektronenschalen zustande kommt. Über neuere Untersuchungen von Massen-Spektren isotoper Elemente berichtet F. W. Aston Phil. Mag. (6) 38, 1919 u. Nature *104*, 1919 und *105*, 1920, u. Swinne: Das periodische System der chem. Elemente im Lichte der jüngsten Kanalstrahlenforschung. Die Naturwissenschaften, Heft *36*, 1920.

nur eine Mischung von Thoriumblei und Uranblei, obgleich das konstante Atomgewicht des gewöhnlichen Bleis dagegen spricht. Die Diskrepanzen zwischen theoretischem und wirklich bestimmtem Atomgewicht von radioaktiven Elementen und stabilen Endprodukten sind schon öfters in der Literatur zur Erörterung gelangt. Besonders sind Energieverluste infolge der radioaktiven Prozesse dafür verantwortlich gemacht worden, was in der Relativitätstheorie durch Verringerung der elektromagnetischen Masse (= Energie) des Atoms resp. dessen ausgestossenen Heliumatome, infolge Geschwindigkeitsabnahme ausgesprochen wird. Die Möglichkeit, dass neben den Heliumstrahlen auch eine sehr geringe Zahl Wasserstoffkerne zur Ausstossung gelangen, darf immerhin nicht ohne weiteres verneint werden. Aus der Erscheinung der Isotopie und den Spektren der Elemente ergibt sich, dass für die Atomeigenschaften die Kernladung und nicht das Atomgewicht letzten Endes massgebend ist. Isotope Elemente haben also, ausgedrückt in elektrostatischen Einheiten, dieselbe positive Kernladung [= $x \times$ das Elementarquantum (e) $4{,}77 \cdot 10^{-10}$, wo x die Ordnungszahl im periodischen System ist (van den Broecksche Hypothese der Kernladung)] und dieselbe Anzahl negativer Elektronen ausserhalb dem Kern, wenngleich die Kerne der Isotopen offenbar nicht identisch sind. Eine Tabelle des periodischen Systems nach den neuesten Auffassungen folgt im Anhang. Bedenkt man die genannten Verschiebungssätze und wendet sie auch auf die noch nicht als radioaktiv geltenden Elemente an, dann würden durch Abspaltung von Helium- bezw. Wasserstoffkernen u. a. besonders folgende Transformationen möglich sein: Bi in Tl, Hg in Pt, Br in As, Mn in V Cr in Ti, K→Cl in P, S in Si, P in Al, Si in Mg, Al in Na [1]), O in C, B in Li. Diese Transformation wird wohl nur durch Bombardement mit α-Strahlen realisiert werden können und vielleicht eher in abbauendem Sinne, wie es Rutherford beim Stickstoff jüngst geglückt ist, indem er durch ein solches Bombardement aus Stickstoff Wasserstoffkerne abspaltete. Bei den radioaktiven Elementen könnte durch eine analoge Behandlung mit sehr raschen α-Strahlen in speziellen, vielleicht seltenen Fällen die Reichweite langsamerer α-Strahlen beeinflusst werden.[2]) Endlich folge hiernach noch ein Diagramm über

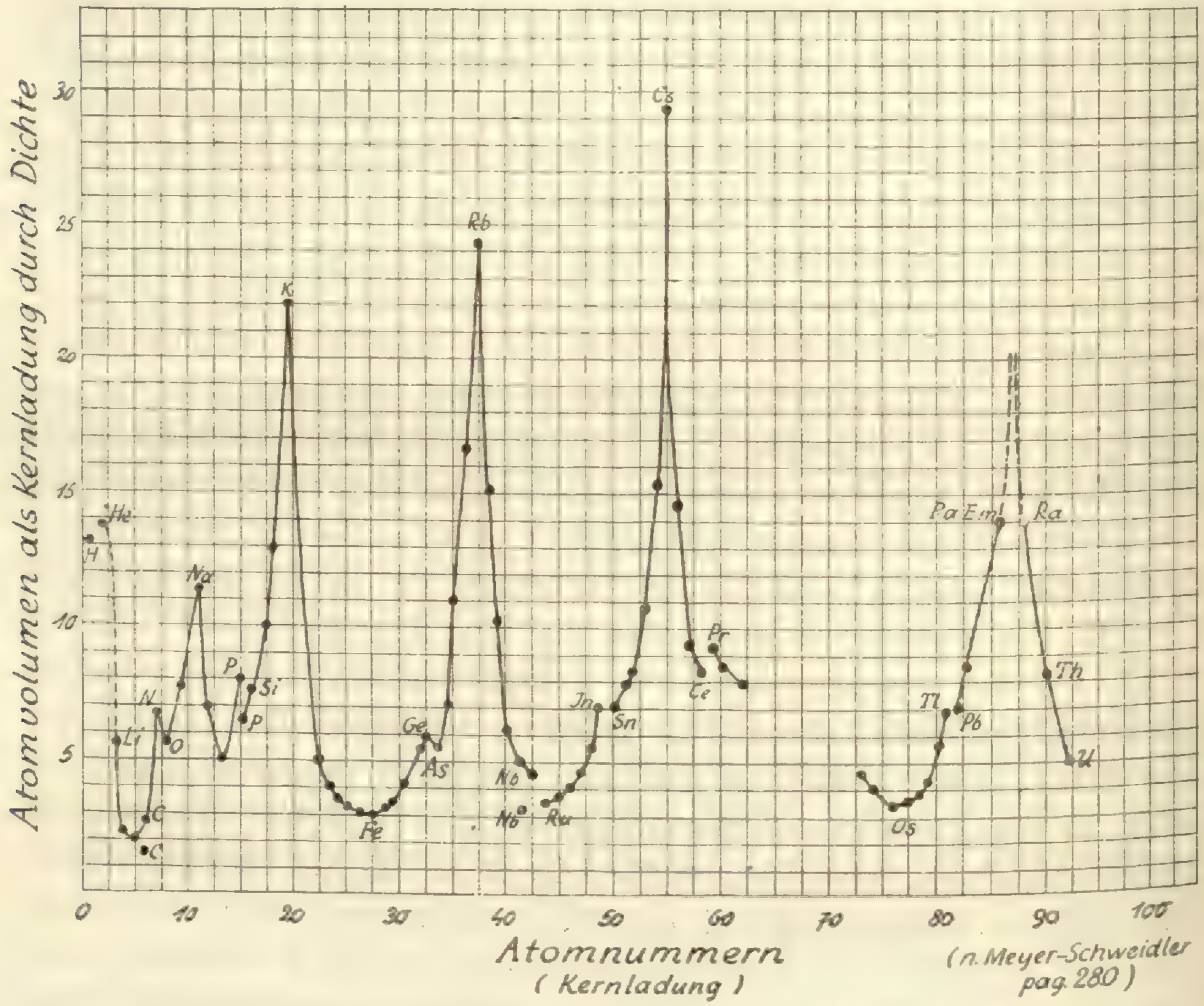
---

[1]) Diese Transformationsmöglichkeit von Al in Na wird z. Z. vom Verfasser praktisch geprüft.

[2]) Zur Transformation eines Elementes in ein anderes muss also offenbar jedes Atom einzeln und mit konzentriertesten Energiequellen angegriffen werden. Dies zeigt wiederum, welche riesigen Energien (Kraftfelder) in den Elementatomen bestehen müssen, ohne dass wir uns solche vorläufig dienstbar machen können.

die Beziehungen zwischen Atomvolumen und Ordnungszahl; wenngleich der Quotient von Atomgewicht/Dichte noch kein vollkommener Begriff ist, zeigt das Diagramm doch, dass die Radioaktivität mit den grössern Atomvolumina einhergeht [1]), dies aber wiederum von einer noch andern unbekannten Funktion abhängig ist. Über die radioaktiven Elemente, deren Strahlungen. Reichweiten, Lebensdauern etc. und Isotopen folgt eine bequeme Orientierung im Anhang. Wer über „Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen" ausführlicheres erfahren möchte, dem sei besonders die kürzlich unter diesem Titel in der Sammlung Vieweg als Heft 45 erschienene, von der Autorität Fajans geschriebene, klare und leichtverständliche Darstellung empfohlen.

Diagramm III



Siehe auch neuestes Diagramm von Ladenburg, Heft *1*, 1920, Die Naturwissenschaften.

---

[1]) Alle drei Umwandlungsreihen (U. Th. Pr.) beginnen mit den stabilsten, langlebigsten Gliedern, durchlaufen dann die kurzlebigsten, aktivsten, um den stabilen, nicht mehr erkennbar radioaktiven Endgliedern zuzustreben.

Uran-Thoriumreihen.

Tabelle 1

Name des Elementes	Symbol und Transformation	Halbwertszeit (T)	Zerfallskonstante λ sec $^{-1}$	Strahlung	Halbwertsdicken[1]) in cm Aluminium		α-Strahlen Reichweite in Luft (15°. 760mm) in cm	Atomgewicht	Chemischer Typus
					β-Strahlen	γ-Strahlen			
Uran I	U_I ↓	$5 \cdot 10^9$ a	$4{,}4 \cdot 10^{-18}$	α			2,50	**238,2**	U
Uran X_1	UX_1	24 d	$3{,}41 \cdot 10^{-7}$	$\beta\gamma$	$1{,}36 \cdot 10^{-3}$	$2{,}89 \cdot 10^{-2}$; 0,99		ca. 234	Th
Uran X_2	UX_2	1.15 m	$9{,}9 \cdot 10^{-4}$	$\beta\gamma$	$4{,}81 \cdot 10^{-2}$	4,95		» 234	Pa
Uran II	U_{II}	$(2 \cdot 10^6$ a)	ca. 10^{-14}	α			2,90	» 234	U
Uran Y	UY	25,5 h	$7{,}55 \cdot 10^{-6}$	β	$2{,}3 \cdot 10^{-3}$			?	Th
Ionium	Io Pa	10^5 a	$2{,}2 \cdot 10^{-13}$	α			3,11	» 230	Th
Radium	Ra	1580 a	$1{,}39 \cdot 10^{-11}$	$\alpha\beta$	$2{,}2 \cdot 10^{-3}$		3,30	**225,97**	Ra
Radium-emanation	Ra Em	3,85 d	$2{,}08 \cdot 10^{-6}$	α			4,16	ca. 222	Em
Radium A	Ra A	3,0 m	$3{,}78 \cdot 10^{-3}$	α			4,75	» 218	Po
Radium B	Ra B	26,8 m	$4{,}33 \cdot 10^{-4}$	$\beta\gamma$	$5{,}3 \cdot 10^{-2}$; $8{,}6 \cdot 10^{-3}$; $8{,}0 \cdot 10^{-4}$	$3{,}0 \cdot 10^{-3}$; $1{,}73 \cdot 10^{-2}$; 1,36		— 214	Pb
Radium C	Ra C	19,5 m	$5{,}93 \cdot 10^{-4}$	$(\alpha)\beta\gamma$	$5{,}3 \cdot 10^{-2}$; $1{,}31 \cdot 10^{-2}$	6,03	?	» 214	Bi
Radium C'	Ra C'	$(10^{-6}$ s)	ca. $2{,}5 \cdot 10^6$	α			6,94	214	(Po)
Radium C''	Ra C''	1,4 m	$8{,}4 \cdot 10^{-3}$	β	wie Ra C			» 210	(Tl)
Radium D	Ra D	16 a	$1{,}37 \cdot 10^{-9}$	$\beta\gamma$	$1{,}26 \cdot 10^{-4}$	0,015; 0,7		210	Pb
Radium E	Ra E	5,0 d	$1{,}66 \cdot 10^{-6}$	$\beta\gamma$	$1{,}61 \cdot 10^{-2}$	wie Ra D		» 210	Bi
Radium F (Polonium)	Ra F (Po)	136 d	$5{,}88 \cdot 10^{-8}$	α			3,83	» 210	Po
Radium G (Uranblei)	Ra G ($^{Pb}_{206}$)	—						**206,0**	Pb
—								—	—
Thorium	Th ↓	$1{,}5 \cdot 10^{10}$ a	$1{,}7 \cdot 10^{-18}$	α			2,72	**232,15**	Th
Mesothorium 1	Ms Th_1	6,7 a	$4{,}0 \cdot 10^{-9}$	(β)				ca. 228	Ra
Mesothorium 2	Ms Th_2	6,2 h	$3{,}1 \cdot 10^{-5}$	$\beta\gamma$	$3{,}4 \cdot 10^{-2}$ bis $1{,}8 \cdot 10^{-2}$	0,027; 5,98		228	Ac
Radiothorium	Ra Th	1,9 a	$1{,}09 \cdot 10^{-8}$	$\alpha\beta$			3,87	» 228	Th
Thorium X	Th X	3,64 d	$2{,}20 \cdot 10^{-6}$	$\alpha(\beta)$			4,30	» 224	Ra
Thorium-emanation	Th Em	$54{,}5_3$ s	$1{,}27 \cdot 10^{-2}$	α			5,00	» 220	Em
Thorium A	Th A	0,14 s	4,95	α			5,70	» 216	(Po)
Thorium B	Th B	10,6 h	$1{,}82 \cdot 10^{-5}$	$\beta\gamma$	$4{,}5 \cdot 10^{-3}$	$4{,}3 \cdot 10^{-3}$; $2{,}2 \cdot 10^{-2}$; 1,9		212	Pb
Thorinm C	Th C	60,8 m	$1.90 \cdot 10^{-4}$	$\alpha\beta$	$4{,}8 \cdot 10^{-2}$		4,80	» 212	Bi
Thorium C'	Th C'	$(10^{-11}$ s)	ca. 10^{11}	α			8,60	— 212	(Po)
Thorium C''	Th C''	3,1 m	$3{,}73 \cdot 10^{-3}$	$\beta\gamma$	$3{,}2 \cdot 10^{-2}$	7,22		» 208	Tl
Thorium D (Thoriumblei)	Th D ($^{Pb}_{208}$)	—						**208,0**	Pb

[1]) In der Halbwertsdicke Aluminium wird die Hälfte der Strahlung absorbiert. Je kürzer die Halbwertzeit, um so durchdringender die Strahlung.

Pleyaden oder Isotope der Radioelemente im periodischen System.

(Die fettgedruckten Elemente sind die charakteristischen Vertreter der Pleyade.)

Tabelle 2.

Atom-gewichte	0 (VIII)	I a	I b	II a	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII b	Atom-gewichte
197															197
200					**Hg**										200
204							**Tl**								204
206									Ra G						206
(206)							β Ac C'' 4,7 m		(Ac D)						(206)
207									**Pb**						207
208							β Th C'' 3,1 m		Th D		**Bi**				208
210							β Ra C'' 1,4 m		β Ra D 16 a		β Ra E 5 d		α **Ra F** 136 d		210
(210)									β Ac B 36 m		$\alpha\beta$ Ac C 2,15 m		α Ac C' (0,005 s)		(210)
212									β Th B 10,6 h		$\alpha\beta$ Th C 61 m		α Th C' (10^{-11} s)		212
214									β Ra B 27 m		$\alpha\beta$ Ra C 19,5 m		α Ra C' (10^{-6} s)		214
(214)													α Ac A 0,002 s		(214)
216													α Th A 0,14 s	—	216
218	α Ac Em 3,9 s												α Ra A 3 m		218
(218)	α Th Em 54 s														(218)
220	α **Ra Em** 3,85 d														220
222				α Ac X 11,5 d											222
(222)				α Th X 3,7 d											(222)
224			—	$\alpha\beta$ **Ra** 1580 a											224
226							β **Ac** 20 a								226
(226)				(β) Ms Th$_1$ 6,7 a			(β) Ms Th$_2$ 6,2 h		α Rd Ac 19 d						(226)
228									$\alpha\beta$ Rd Th 1,9 a						228
230									α Io 10^5 a						230
(230)									β U Y 25,5 h		α **Pa** (10^4—10^5 a)				(230)
232									α **Th** $1{,}5 \cdot 10^{10}$ a						232
234									β UX$_1$ 24 d		β UX$_2$ 1,15 m		α U II ($2 \cdot 10^6$ a)		234
238													α **U I** $5 \cdot 10^9$ a		238

a = Jahr, d = Tag, h = Stunde, m = Minute, s = Sekunde, bedeuten die Halbwertzeiten.
Die eingeklammerten Atomgewichte sind hypothetisch. α und β geben die Art der Strahlung und Umwandlung.

Das periodische System der Elemente.[1])

Tabelle 3.

1 H							2 He

I a	I b	II a	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII	0
3 Li		4 Be		5 B		6 C		7 N		8 O		9 F			10 Ne
11 Na		12 Mg		13 Al		14 Si		15 P		16 S		17 Cl			18 A
19 K		20 Ca		21 Sc		22 Ti		23 V		24 Cr		25 Mn		26 Fe 27 Co 28 Ni	
	29 Cu		30 Zn		31 Ga		32 Ge		33 As		34 Se		35 Br		36 Kr
37 Rb		38 Sr		39 Y		40 Zr		41 Nb		42 Mo		43 —		44 Ru 45 Rh 46 Pd	
	47 Ag		48 Cd		49 In		50 Sn		51 Sb		52 Te		53 J		54 X
55 Cs		56 Ba		57 La		58 Ce	59 Pr 60 Nd 61 — 62 Sm 63 Eu 64 Gd 65 Tb 66 Dy								
67 Ho 68 Er 69 Tu I 70 Yb 71 Lu 72 Tu II								73 Ta		74 W		75 —		76 Os 77 Ir 78 Pt	
	79 Au		80 Hg		81 Tl		82 Pb		83 Bi		84 Po		85 —		86 Em
87 —		88 Ra		89 Ac		90 Th		91 Pa		92 U					

[1]) Statt des Atomgewichts ist die Ordnungszahl der Elemente angeführt und überdies die besondere Stellung des Wasserstoffes und Heliums (der vermeintlichen Bausteine aller übrigen Elemente) hervorgehoben. In bestimmten Intervallen in den Ordnungszahlen erscheinen periodisch wieder Elemente gleicher Wertigkeit und ähnlichen chemischen Eigenschaften, so dass man periodische Wiederholungen in der Gruppierung der Aussenelektronen annehmen muss.

Elektrometrische Messmethoden.

Allgemeines.

Obgleich in der Literatur über dieses Thema dem Geologen und Mineralogen reichlich Auskunft geboten wird [1]), mag es dennoch nützlich sein, an dieser Stelle dieses und jenes aus der Praxis zu erwähnen. Meinem Freunde Prof. Dr. Hess am Radiuminstitut Wien bin ich für mancherlei Anregungen zu tiefem Dank verpflichtet. Die Radioaktivität der Gesteinsproben, bezw. der Gehalt an radioaktiven Stoffen, wird nur elektrometrisch bestimmt. Aus Uran- und Thoriumerzen können die in grössern Gleichgewichtsmengen anwesenden radioaktiven Elemente chemisch abgeschieden und gewonnen werden, indessen können sie quantitativ gegenüber der elektrometrischen Methode auch bei feinstem chemischem Arbeiten nur äusserst grob bestimmt werden. Selbst die spektralanalytischen Methoden reichen lange nicht an die Feinheit der elektrometrischen heran. Wie allgemein bekannt, besitzen die von den radioaktiven Elementen ausgesandten α-, β- und γ-Strahlen, und zwar besonders stark die ersten, die Eigenschaft, die Luft zu ionisieren und damit für den elektrischen Strom leitend zu machen. Diese Ionisation kann auf elektrometrischem Wege äusserst genau gemessen werden, so dass noch z. B. 10^{-12} Gramm Radium quantitativ ermittelt werden kann. Ein Wulfsches Zweifadenelektrometer, das z. B. eine Kapazität von 4 cm haben möge, zeigt infolge Ionisation durch ein aktives Gesteinspulver eine Entladung oder Aufladung von beispielsweise 4 Volt/Stunde an, das sind $4 \times 4 / 300 \times 3600 = 1{,}4 \times 10^{-5}$ ESE = ca. $4{,}5 \times 10^{-15}$ Ampère/sec. Mit den noch empfindlicheren Einfadenelektrometern von 1—2 cm Kapazität und Quadrantenelektrometern können überdies Ströme von 10^{-17} Ampère/sec und darunter verfolgt und Ströme von 10^{-15} Ampère bis zu 0,5 % Genauigkeit gemessen werden.[2]) Wenn man bedenkt, dass z. B. ein α-Strahl des Radiums auf seiner Bahn von 3,3 cm in Luft (bei 15° und 760 mm) etwa 145,000 Ionenpaare erzeugt, jedes Ion eine Ladung von $4{,}77 \times 10^{-10}$ ESE tragend, die zusammen also eine Ladung

[1]) Hauptwerke u. a. sind Rutherford (l. c.); St. Meyer u. E. v. Schweidler: Radioaktivität. Gockel: Die Radioaktivität von Boden und Quellen (Sammlung Vieweg); Henrich: Chemie und chemische Technologie radioaktiver Stoffe. Geiger u. Makower: Die Wissenschaft. Bd. 65, Verlag Vieweg. Soddy: Die Chemie der Radioelemente. Leipzig 1912 u. 1914.

[2]) Für Aktivitäts- und Emanationsmessungen an Gesteinen, wie in vorliegenden Fällen, benutzt man Elektrometer von Elektroskoptypus (Blättchen-, Zweifaden- und Einfadeninstrumente), da diese auch wegen ihrer sehr einfachen Handhabung den Quadrantelektrometern vorzuziehen sind.

von ca. $7{,}1 \times 10^{-5}$ ESE $= 2{,}22 \times 10^{-14}$ Coulomb tragen, so begreift man erst die ungeheure Empfindlichkeit der elektrometrischen Methoden, wo selbst die Ionisationswirkung eines einzelnen α-Strahles registriert werden kann. (1 Gramm Radium allein, d.h. ohne seine Zerfallsprodukte, emittiert pro Sekunde im Mittel $3{,}72 \times 10^{10}$ α-Strahlen [Hess und Lawson], im Gleichgewicht mit seinen vier α-strahlenden Folgeprodukten 5 $\times$ mehr).

Wir wollen bei dieser Gelegenheit hier drei Ausdrücke kurz erläutern, die bei den Aktivitätsmessungen immer wiederkehren und unserem Leserkreis nicht völlig klar sein könnten. Es sind dies: Gleichgewichtszustand der radioaktiven Elemente, der Sättigungsstrom und die α-satte Schicht.

Gleichgewichtszustand zwischen den genetisch zusammengehörigen radioaktiven Elementen ist dann erreicht, wenn pro Zeiteinheit von jedem dieser gleich viel Atome zerfallen. Die Mengenverhältnisse dieser Elemente unter einander sind proportional den mittleren Lebensdauern oder Halbwertzeiten dieser Elemente. Daraus resultiert, dass von radioaktiven Elementen im Gleichgewicht gleich viel α-Strahlen pro Zeiteinheit ausgesendet werden. Uran im Gleichgewicht mit allen seinen Folgeprodukten sendet pro Zeiteinheit acht mal so viel α-Strahlen aus als Uran I allein, weil noch sieben andere α-Strahler im Gleichgewicht zu ihm stehen. Es folgen hier als Beispiel einige Zahlen über die Gleichgewichtsmengen von Uran I und seinen Folgeprodukten im Gleichgewicht.

Uran I	10^6 mgr	Ra Em	$1{,}9 \cdot 10^{-9}$ mgr
„ II	196 „	Ra A	$1{,}03 \cdot 10^{-12}$ „
„ Y	$8 \cdot 10^{-7}$ „	Ra B	$0{,}9 \cdot 10^{-11}$ „
„ X	$1{,}3 \cdot 10^{-5}$ „	Ra C	$0.66 \cdot 10^{-11}$ „
Ionium	39 „	Ra D	$2{,}9 \cdot 10^{-6}$ „
Radium	0,33 „	Ra E	$2{,}37 \cdot 10^{-9}$ „
		Ra F	$0{,}63 \cdot 10^{-7}$ „

Da bei allen prätertiären Gesteinen der Gleichgewichtszustand erfüllt ist, so gibt diese Tabelle dem Mineralogen und Geologen interessante Daten über die Anwesenheit dieser radioaktiven Stoffe in der Erdrinde. Natürlich wird vorausgesetzt, dass diese Gleichgewichtszustände volle Gültigkeit besitzen, was die bisherigen Erfahrungen und theoretischen Folgerungen bestätigt haben.

Unter Sättigungsstrom versteht man die erfüllte Bedingung, dass sämtliche bei einer Versuchsanordnung in einem Ionisationsraum erzeugten Ionen zur Stromleitung ausgenützt werden. Je radioaktiver

ein Präparat, resp. je stärker ein Gas in dem Ionisationsraum ionisiert ist, um so stärkeres elektrisches Feld muss an das Elektrometersystem angelegt werden, damit bei der grossen Ionenzahl keine Wiedervereinigung von entgegengesetzt geladenen Ionen auf ihrem Wege nach den Elektroden möglich ist. Durch das stärkere Feld wird ihnen eine grössere Beschleunigung erteilt. Immerhin wird selbst bei schwächern Präparaten und stärksten anlegbaren Feldern noch kein Sättigungsstrom erreicht (bestenfalls nur ca. 88 % in idealem Sinne) und müssen die Verluste an Sättigungsstrom infolge Rekombination von Ionen abseits den Elektroden stets in Rechnung gezogen werden, sofern man nicht nur ähnliche Präparate unter einander vergleichen will, wobei eine solche Korrektur natürlich ausfällt. Für die meisten bekannten Gesteine, deren Radiumgehalt meist zwischen 10^{-11} und 10^{-12} Gramm Radium pro Gramm Gestein liegt, kann in den verschiedenen praktisch erprobten Methoden (z. B. bei Zweifaden- und Blättchenelektrometern) mit einer Elektrodenspannung von 200—300 Volt ausgekommen werden, während z. B. die empfindlichen Einfadeninstrumente eine solche von oft nur 80 Volt verlangen. Sättigungsstrom ist aber nicht etwa gleichbedeutend mit völliger Ausnützung der möglichen Ionisation durch die Gesamtstrahlung der anwesenden Elemente, denn in einem Ionisationsraum, wie er praktisch verwendbar ist, stösst ein Teil der Strahlen vor Ablauf ihrer Reichweite an die Gefässwand oder Innenelektrode, sodass solche Strahlen dann nur einen Bruchteil der Ionisation bei voller Reichweite abwerfen. Die maximal mögliche Ionisation irgend eines radioaktiven Stoffes muss daher auf einen sog. unendlich grossen Raum extrapoliert werden, wozu gewisse Formeln dienen, die der Form und dem Volumen des Ionisationsraums Rechnung tragen. Für unsere Zwecke haben wir eine solche Korrekturformel nur nötig, wo es sich handelt, die wirklich vorhandene Menge an Radiumemanation zu ermitteln. Wir werden bei den Emanationsmessungen auf diese Formel eintreten. Bei Aktivitätsmessungen an Vergleichspräparaten von ähnlicher Aktivität kommt sie natürlich in Wegfall.

Als α-satte Schicht gilt diejenige Schichtdicke einer Substanz, die grösser ist, als die maximale Reichweite der von ihr erzeugten α-Strahlen in dieser Substanz. Die am Boden einer α-satten Schicht emittierten α-Strahlen dürfen daher die Schicht nicht mehr durchdringen können. Für Uranoxyd ($U_3\,O_8$) genügen z. B. 15—20 mgr pro cm^2 zu einer α-satten Schicht, für Biotit ist beispielsweise eine Schichtdicke von 0,1 mm sicher α-satt. Die maximale Reichweite von α-Strahlen in Biotitsubstanz wurde bisher zu 0,04 mm

ermittelt, indessen dürfte dies nicht der Maximalwert sein. Feinstes Gesteinspulver in 0,2 mm dicker Schicht aufgeschwemmt, wird reichlich α-satt sein. Natürlich sind α-satte Schichten nicht auch β- oder gar γ-satt. In den üblichen Ionisationsgefässen und den gewöhnlich zur Untersuchung gelangenden Gesteinen bildet aber die relativ schwache Ionisation durch letztere Strahlenarten einen sehr geringen Bruchteil der α-Ionisation. Bei den Messresultaten werden wir darauf noch einzutreten haben.

Die Aktivität von Gesteinen kann auf zwei ganz verschiedenen Wegen gemessen werden, erstens, dass man sie an den festen Gesteinspulvern in α-satter Schicht misst oder dass man das Gestein chemisch aufschliesst resp. schmilzt. Im erstern Fall beobachtet man die komplexe Aktivität, vorwiegend die α-Strahlenaktivität, im zweiten Fall wird dagegen der Gehalt an Radium-, Thorium- und Actinium-Emanation bestimmt, worauf sich die Mengen der mit diesen Eminationen im Gleichgewicht befindlichen Elemente berechnen lassen.

Aktivitätsmessungen an Gesteinspulvern.

Anfertigung der Präparate. Es ist wichtig, dass die zu vergleichenden Präparate einander möglichst gleich sind in bezug auf Oberflächenbeschaffenheit und Schichtdicke und dass die Messungen unter konformen Bedingungen ausgeführt werden. Die Gesteinsdurchschnittsprobe wird sehr fein gepulvert. am besten mit reinem Alkohol aufgenommen und mit einer Pipette auf Aluminiumschälchen mit 2—3 mm Randhöhe und einigen cm Durchmesser (je nach der Dimension des Ionisationsgefässes) gleichmässig aufgeschwemmt. Wenn dies richtig ausgeführt wird, so entsteht eine glatte Schicht von gleichmässiger Dicke, welche auch beim Umdrehen der Schälchen nicht abfällt. Da die Aktivität der meisten Gesteinspulver relativ schwach ist, muss man darauf bedacht sein, die strahlende Oberflächenschicht des Präparates möglichst gross zu machen. Es werden daher mehrere Schälchen mit α-satter Schicht hergestellt und auf den Boden und Deckel der Ionisationskammer gebracht. Die Einrichtung der Ionisationskammer wird in den Messanordnungen zur Darstellung gelangen. Die verkehrt zu liegen kommenden Schälchen werden mit etwas Kautschukfett angepresst und fallen dann nicht herunter. Es ist natürlich darauf zu achten, dass die auf dem Boden der Kammer liegenden Schälchen nicht über den Ausschnitt um die Elektrode hinausragen. da sonst die Kapazität des Elektrometersystems verändert wird. Statt Schälchen, deren Rand etwas Strahlen abschirmen, kann z. B. auch auf eine dünne Aluminiumplatte, auf die ein gut dichtender Ring gepresst wird, auf-

geschwemmt werden, der nach Eintrocknen der Schicht wieder entfernt werden kann, nachdem man mit einer feinen Spitze die Adhäsion zwischen Ring und Fläche gelöst hat. Die Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig liefert zu ihren Elektrometern passende Schalen für feste Substanzen, die, ringförmig ausgeschnitten, auf den Boden des Ionisationsgefässes zu liegen kommen. Von vielen Praktikern wird das Gesteinspulver z. B. mit Chloroform zu einer Pasta angerieben und auf eine geeignete Unterlage gestrichen. Diese Methode führt leicht zu rissigen Oberflächen, während man beim Aufschwemmen mit Alkohol bei einiger Übung stets tadellose Oberflächen erzielt.

Als Vergleichspräparat diente reinstes U_3O_8 [1]) in α-satter Schicht. Da aber diese Substanz ca. 1000 $\times$ aktiver ist wie ein Gesteinspulver mit 10^{-11} gr Radium pro gr Gestein plus Thoriumgehalt in α-satter Schicht, so muss, gleiche Versuchsanordnung vorausgesetzt, die strahlende Schicht des U_3O_8 entsprechend kleiner gewählt werden, also pro 100 cm^2 Gesteinspulveroberfläche nur 10 mm^2. Nach St. Meyer und F. Paneth unterhält 1 cm^2 einer α-satten Schicht reinen U_3O_8 einseitig bei voller Ausnützung der α-Ionisation einen Ionisationsstrom von $1{,}73 \cdot 10^{-3}$ ESE. Die Aktivitäten der Gesteinspulver sind daher in dieser Uraneinheit ausgedrückt, und zwar korrigiert auf volle Ausnützung der α-Ionisation, welch letztere nur bei Anwendung von Plattenkondensatoren erreicht würde.

Apparatur und Messanordnung für Aktivitätsmessungen an Gesteinspulvern.

Die Messanordnung ist etwas verschieden, je nachdem man die Entlade- oder Aufladem ethode wählt. Im erstern Falle wird das Elektrometersystem vermittelst eines Ladestiftes, Zambonisäule oder mit sogenannten Krügerschen Batterien (die von 10 zu 10 Volt abstufbar sind) aufgeladen, im letzteren wird dagegen an das Ionisationsgefäss konstante Spannung angelegt, wobei das letztere durch einen hochpolierten Ebonitring vom Elektrometergehäuse isoliert werden muss. Es ist gleichgültig, ob man den negativen oder positiven Pol der Spannungsquelle verwendet. Wenn das Elektrometer z. B. erst von 50 Volt ab gleichförmige Skalenwerte gibt, so muss bei der Aufladem ethode das Elektrometersystem zuerst auf diesen Wert aufgeladen werden und zwar mit dem gleichen Pol, den man an das Ionisationsgefäss legen will.

---

[1]) Gereinigt nach Methode von Hönigschmid.

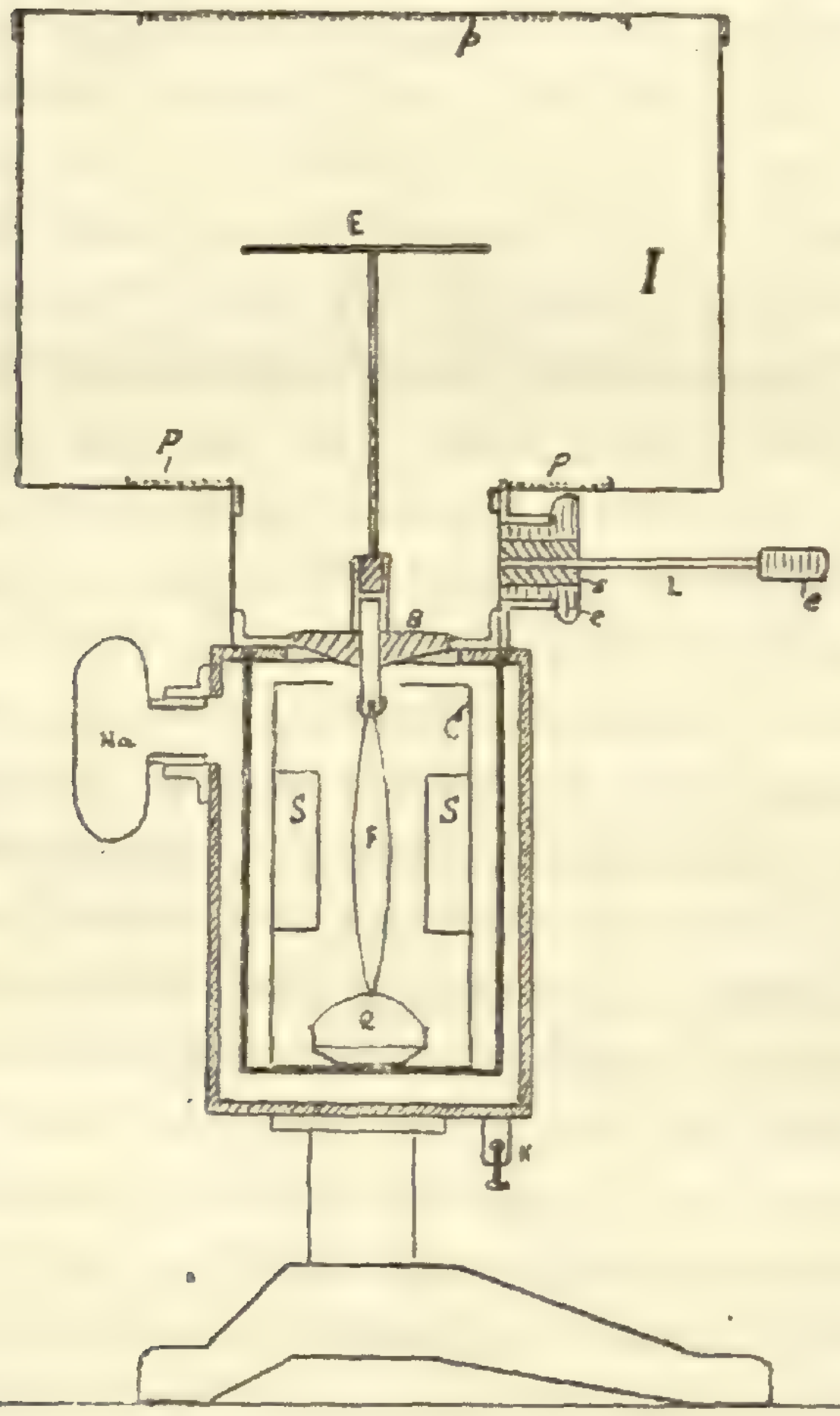
Wichtig ist bei einer gewissen Messanordnung die natürliche Zerstreuung genau zu bestimmen, damit diese von dem gemessenen Gesamtspannungsverlauf in Anrechnung gebracht werden kann. Dies setzt voraus, dass man auch die Isolations- und Dielektrikumsfehler des Elektrometersystems kennt und letztere soweit als möglich beseitigt. Durch das Dielektrikum (Bernstein und Quarz), in welchem das Elektrometersystem verankert ist, wird bis zu dessen Sättigung u. a. durch Polarisation, zuerst Ladung verschluckt und nach Abfall des Potentials unter gewisse Grenze wieder abgegeben, die Ladung kriecht hinein und hinaus, wie man sagt. Wenn daher ein Elektrometer längere Zeit nicht gebraucht wurde und entladen blieb, so findet man bei Bestimmung der natürlichen Zerstreuung, dass besonders die ersten Skalenteile rascher zurückgelegt werden, wie die andern, während im untern Teil der Skala wieder das Entgegengesetzte zutreffen kann. Isolationsfehler machen sich innerhalb einem gewissen Skalenbereich gleichförmig geltend. Es ist daher zu empfehlen, vor Gebrauch des Elektrometers dieses eine gemessene Zeit unter Spannung zu halten und darauf zuerst etwas entladen zu lassen und sowohl bei Auflade- wie Entlademethode stets den gleichen Skalenbereich zu verwenden, innerhalb welchem man bei öfteren Arbeiten grosse Sicherheit gewinnt. Einen guten Einblick in die Isolations- und Dielektrikumsfehler geben Krönig und Friedrich[1]) Wichtig ist ferner noch, dass bei der Entlademethode Ionisationskammer und damit auch das Elektrometergehäuse gut geerdet sind, da sich sonst luftelektrische Einflüsse, Influenzwirkungen u. a. störend geltend machen können. Dann muss auch die Dimension der Ionisationskammer den am Orte herrschenden luftelektrischen Verhältnissen angepasst werden. Wählt man bei hoher natürlicher Ionisation der Atmosphäre eine grosse Ionisationskammer von beispielsweise 5 Liter Inhalt, so kann die natürliche Zerstreuung den mehrfachen Wert der Ionisationswirkung durch ein Gesteinspulver annehmen, wodurch die Genauigkeit der Messung dahinfällt. Im Gebirge, wie z. B. in Braunwald, geht die natürliche Ionisation der Luft, im geschlossenen Ionisationsraum mit elektrischem Feld, leicht über 30 Ionenpaare ccm/sec, die bei 1 Liter Inhalt der Kammer und 4 cm Kapazität des Elektrometers etwa 4 Volt/Stunde und in einem 5 Litergefäss 20 Volt/Stunde natürliche Streuung ergeben. Ein relativ aktives Gesteinspulver von 60 bis 80 cm^2 Fläche wird in beiden Fällen beispielsweise auch 4 Volt/Stunde ergeben. Beim Gebrauch eines 5 Liter-Volumens ist dann die natür-

[1]) Phys. u. biolog. Grundlagen der Strahlentherapie. 1918. Verlag Urban u. Schwarzenberg.

liche Ionisation 5 × grösser, wie diejenige vom Gesteinspulver veranlasste. Im Flachland, wo der Ionengehalt gewöhnlich kaum $^1/_3$ der obgenannten Zahl erreicht, kann man aber noch mit Vorteil eine Ionisationskammer von bis 5 Liter anwenden.

Für so kleine Ionisationsströme, wie sie in den vorliegenden Fällen gemessen werden müssen, hat man empfindliche Elektrometer nötig. Abgesehen von den Quadrantenelektrometern, muss man daher auf eine geringe Kapazität des Elektrometersystems halten, damit die Messungen nicht zu lange Zeit in Anspruch nehmen, was besonders bei Emanationsmessungen nicht angängig ist. Den später zu besprechenden Messresultaten liegen Kapazitäten von 2—5 cm zu grunde. Die so geringen zu messenden Ströme setzen die genaue Kenntnis der Kapazität bei jeder Messanordnung voraus. Sie wird besonders bequem mit dem Harmschen Kondensator bestimmt.[1])

Skizze A. Aktivitätsbestimmung an festen Gesteinspulvern.



Zweifaden-Elektrometer
nach Wulf[2])
mit Ionisationskammer.

B Bernsteinstopfen.
C Hilfskonduktor.
E Elektrode mit Kreisplatte.
F Fadensystem.
K Klemme für Erdung.
L Ladestift, eingeführt in Ebonitstopfen (*e*) mit Schwefelausguss (*s*).
Na Glasgefäss für Natriumtrocknung.
P Präparate.
Q Quarzfadenschlinge.
S Schneiden zur Erhöhung der Empfindlichkeit und Erhaltung der Fadenebene.

(Mikroskoprohr und Einführung zum Konduktor stehen senkrecht zur Zeichenebene. Für sehr schwach aktives Gesteinspulver verwendet man mit Vorteil Einfadeninstrumente.)

[1]) Phys. Zeitschr. *5*, 49, (1904).
[2]) Phys. Zeitschr. *8*, 246—248 u. 527—530 (1907).

Lösungsmethode.

Für diese Methode wurden vom Verfasser mit einigen Abänderungen die Wege beschritten, wie sie von Mache und Bamberger[1]) beschrieben sind. Für alle Details wird auf diese gründliche Arbeit verwiesen. Als Elektrometer diente ein empfindliches Wulfsches Einfadeninstrument[2]) in Aufladeanordnung (negativer Pol der Batterie angelegt). Um die bei dem Aufschluss von 25—50 gr Gesteinspulver geforderten, grossen Schmelzapparaturen und Karbonatmengen zu umgehen, wurde mit Flussäure sorgfältig die Kieselsäure abgeraucht, mit konzentrierter Salzsäure zweimal zur Trockne eingedampft und mit verdünnter Salzsäure aufgenommen. Nur die dabei verbleibenden Rückstände wurden mit Soda aufgeschlossen und ebenfalls mit verdünnter Salzsäure aufgenommen. Mache und Bamberger erwähnen keine Rückstände beim Flussäureaufschluss, obgleich, wie bekannt, z. B. der Zirkon bei dieser Behandlung nicht angegriffen wird. Da dieses Mineral oft einen grossen Teil der radioaktiven Stoffe führt, so ist ihm beim Aufschliessen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Sehr wichtig ist es, dass die verwendeten Chemikalien frei von Schwefelsäure sind, da sonst die sehr schwer löslichen Sulfate von Radium und Thorium zur Ausfällung gelangen können, in welcher Form sie die Emanation nicht mehr abgeben. Die gesamte Lösung wurde gut ausgekocht, um sie von Emanation vollständig zu befreien, und noch heiss in birnförmige Quirlflaschen von ca. 2 Liter Inhalt gebracht, welche durch zwei luftdicht schliessende Hahnen abgeschlossen wurden. Der sich nach Abkühlen der Lösung in der Flasche bildende Unterdruck diente als Kontrolle für die Dichtheit der Glasschliffe. In der Quirlflasche blieb nun die Lösung zwecks Anreicherung von Emanation 8—14 Tage stehen. Der Gleichgewichtszustand zwischen Radium und Emanation ist zwar erst nach etwa 30 Tagen erreicht, doch könnten bei einer so langen Wartezeit leicht Veränderungen in der Lösung eintreten, welche für die Emanationsmessungen beeinträchtigend sein würden. Als Kontrolle wurde ein reines Uranpecherz von Morogoro von genau bekanntem Uran-Radiumgehalt in gleicher Weise aufgeschlossen und ferner eine genau kontrollierte Radiumlösung (Standardlösung nach H. W. Schmid) verwendet. In der nachfolgend skizzierten Anordnung (Skizze B) wurde vor Messung der Radiumemanation die Lösung tüchtig geschüttelt und gleichzeitig während etwa $^1/_2$ Stunde vermittelst des Kautschukgebläses durchquirlt, wobei sich

[1]) Über die Radioaktivität der Gesteine und Quellen des Tauerntunnels. Wiener Sitzungsberichte Bd. CXXIII, Abt. IIa. Febr. 1914.

[2]) Phys. Zeitschr. *15*, 250—254 (1914).

in der immer noch luftdicht geschlossenen Apparatur entsprechend dem Löslichkeitsverhältnis der Emanation in Lösung und Luft ein Gleichgewichtszustand herstellt. Als Löslichkeitskoeffizient der Emanation in der Flüssigkeit wurde $^1/_5$ bei 18° in Rechnung genommen. Es bleibt im Absorptionsgleichgewicht also bei etwa 15—20° C in gleichen Volumen Luft und Flüssigkeit 0,2 der Emanationsmenge in der Flüssigkeit. Da diese Flüssigkeit in unserm Fall eine Salzlösung darstellt, ist darin die Löslichkeit der Emanation also etwas geringer wie in reinem Wasser, dessen Absorptionsvermögen gegenüber Luft unter obigen Bedingungen ca. 0,25 beträgt. Da stets dafür gesorgt wird, dass das Luftvolumen in der Apparatur gegenüber dem der Lösung gross ist, wird der als Korrekturgrösse eingeführte, etwas rohe Absorptionskoeffizient die Emanationsberechnung nur wenig beeinträchtigen. Sofort nach Einstellung des Quirlens wurde eine elektrometrische Messung durchgeführt und eine Reihe weiterer Ablesungen am Elektroskop 4 Stunden später vorgenommen, da alsdann der radioaktive Gleichgewichtszustand zwischen Ra-Emanation und seinen Folgeprodukten erreicht ist. Das Ionisationsgefäss wurde während dieser Wartezeit zwecks bestimmter Verteilung der aktiven Niederschläge unter Spannung gehalten. Alsdann wird die Ionisationskammer gründlich mit frischer Luft ausgeblasen, damit keine Emanation mehr darin bleibt und nun durch weitere Ablesungen am Elektrometer das Abklingen der Aktivität verfolgt. Aus dem Abklingungsdiagramm kann auf die Anwesenheit und ungefähre Menge der gebildeten Zerfallsprodukte geschlossen werden. Neben der relativ langlebigen Radium-Emanation geht auch ein Teil der etwa vorhandenen sehr kurzlebigen Thorium-Emanation in den Ionisationsraum über und ist die Wirkung der aus ihr gebildeten aktiven Niederschläge von dem in Anwesenheit der Ra-Emanation gemessenen Ionisationsstrom in Abzug zu bringen.

Über diesen für genaue Messungen sehr wichtigen Punkt gibt Prof. Hess folgende auf praktische Erfahrung sich gründende Angaben: Bei der Quirlmethode können aktive Niederschläge aus Thorium-Emanation bei thoriumreichen Gesteinen sehr störend wirken. Wird eine Stunde gequirlt, so wird im Ionisationsgefäss ca. $^1/_{16}$ der Gleichgewichtsmenge des aktiven Niederschlags der Thorium-Emanation nacherzeugt (16 Stunden ist die mittlere Lebensdauer von Th B). Es kommt dann, wenn sofort nach Absterben der Th.-Em., d. h. nach Aufhören des Quirlens, die Gesammt-Aktivität abgelesen wird, zu der Wirkung der Ra-Em. + Ra A + Ra C etc. noch 6 % der Strahlung der Th B + Th C + etc. -Produkte. Diese

Zusatzionisation kann man aber leicht bestimmen: Der Strom, welcher einige Minuten nach Beendigung des Quirlens herrscht, steigt nach $3^1/_2$ Stunden zu einem Maximum (Gleichgewicht zwischen Ra-Em. + Zerfallsprodukte) an. Wird dieser Maximalstrom i_m genannt (ca. 49 % davon ist reine Ra-Em.-Wirkung), so ist er bei Anwesenheit von Thoriumaktivitäten grösser, nämlich $i_m + i_{Th} = I$. Die Aktivität i_{Th} zerfällt in $10^1/_2$ Stunden zur Hälfte (Zerfallskonstante λ entspricht dem Zerfall des Th B). Bläst man daher nach 4 Stunden das Aktivierungsgefäss aus und misst nach abermals 4 Stunden (d. h. nachdem die Radiumfolgeprodukte ganz zerfallen sind, den Strom i', so bleibt nur noch die Wirkung der Thoriumaktivitäten übrig und zwar soviel als in 4 Stunden unzerfallen geblieben ist. Um daher die Wirkung zur Zeit $t = 4$ Stunden (nach dem Quirlen) zu haben, muss man den nach dem Ausblasen ($t = 8$ Stunden) gemessenen Strom i' noch mit dem Faktor $\frac{1}{e^{-\lambda_B \cdot \theta}}$ (wo $\lambda_B = 1{,}82 \cdot 10^{-5}$ sec^{-1}, $\lambda_B \cdot \theta = 2{,}62 \cdot 10^{-1}$, $\theta = 4$ Stunden $= 14400$ sec), $e^{-0{,}262} = 0{,}769$) multiplizieren: $\frac{1}{0{,}769} = 1{,}3$, d. h. $1{,}3 \cdot i' = i_{Th}$. Die so berechnete Th-Wirkung ist von der beobachteten $i_m + i_{Th}$ in Abzug zu bringen, um den reinen Stromeffekt der Radiumemanation plus aktiven Niederschlag i_m zu erhalten ($0{,}49 \cdot i_m = i$ Em). Der Gehalt an Thoremanation wurde überdies noch extra nach dem von Mache und Bamberger gegebenen Verfahren, aber mit vereinfachter Apparatur (Skizze C), bestimmt. Als Standardpräparat diente das auch von Mache und Amberger benutzte Kahlbaumsche Thoriumnitrat, wovon mir, durch Vermittlung von Prof. Hess, Prof. Mache gütigst eine Portion zur Verfügung stellte, wofür Verfasser beiden grossen Dank schuldet. Über dieses Präparat schreibt Prof. Hess folgendes: Das Th-Präparat (Kahlbaum 1913) wurde im Jahre 1913 von Mache u. Bamberger mit einem alten Th-Präparat (1892) verglichen. M. u. B. nahmen an, dass das 1892er Präparat noch um 7,1 % weniger Mesothor enthalte, als dem Gleichgewicht entspricht. Da inzwischen die Halbwertzeit des M Th von 5,5 auf 6,7 Jahre korrigiert wurde (Meitner 1918), so ist dies nicht mehr richtig. Es ist für M Th zu setzen $T = 6{,}7$ Jahre statt 5,5 Jahre, also $= 0{,}1032$ statt $0{,}1265$ Jahre^{-1}. Die im alten (1893er) Präparat zur Zeit 1913 anwesende M Th-Menge ist zu berechnen aus der Gleichung $N = N_\infty (1 - e^{-\lambda t})$, $[t = 19$ Jahre $\lambda t = 1{,}96$, $\lambda = 0{,}1032$, $e^{-\lambda t} = 0{,}14086$, $1 - e^{\lambda t} = 0{,}85914]$. $N_{1913} =$, 85,914 % der Geleichgewichtsmenge. Mache und Bamberger fanden, dass das Kahlbaumsche Präparat 43,25 % der Th-Em. des auf 100 % umgerechneten, vermeintlich 92,9% (1892er)-Präparats entwickle. Da dieses Prä-

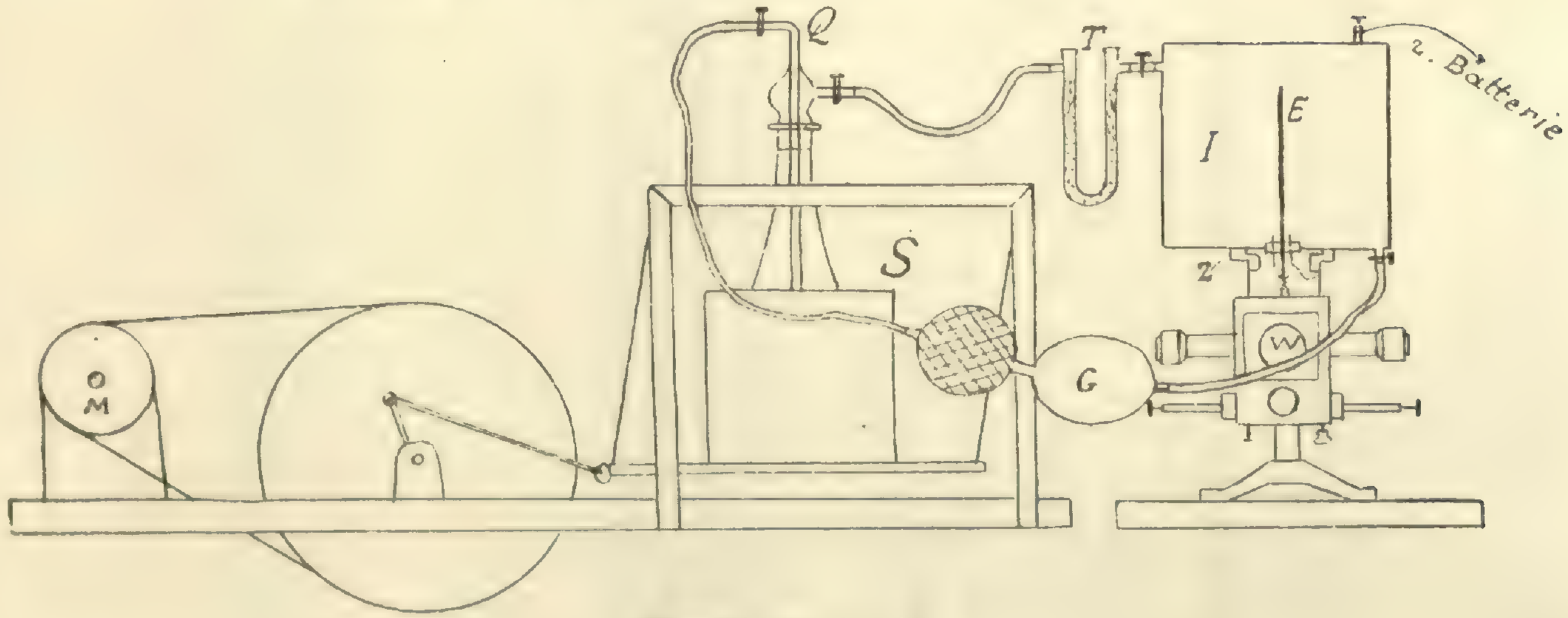
parat in Wirklichkeit damals erst 85,91 % der Gleichgewichtsmenge enthielt, so war das (1892er)-Präparat um das Verhältnis $\frac{92,9}{85,91} = 1,08$ überschätzt, d. h. ein MTh-sattes Präparat würde sich zur Wirkung des Kahlbaum-Präparats im Jahre 1913 nicht wie 100 : 43,25, sondern wie $100 : \frac{43,25}{1,08}$ verhalten, d. h. der richtige Umrechnungsfaktor war anno 1913 = *0,401*. Das Kahlbaum-Präparat hatte im Jahre 1913 nur 40,1 % der MTh-Gleichgewichtsmenge enthalten. Seither sind 7 Jahre vergangen. Im Präparat hat sich weiter MTh nachgebildet nach der Formel: $N_{1920} = N_{1913} \cdot e^{-\lambda\theta} + N_\infty (1 - e^{\lambda\theta})$;

$\left.\begin{array}{l}\theta = 7 \text{ Jahre; } N_\infty = \text{Gleichgewichtswert.} \\ \lambda\theta = 0,7214\,;\ e^{-\lambda\theta} = 0,4862\,;\ \lambda = 0,1032\,a^{-1}\end{array}\right\}$ Da nun $N_{1913} = 0,401 N_\infty$,

so ist dies $N_{1920} = 0,401\, N_\infty \cdot e^{-\lambda\theta} + N_\infty (1 - e^{\lambda\theta}) = N_\infty [0,401 \cdot e^{-\lambda\theta} + 1 - e^{-\lambda\theta}] = N_\infty [1 - 0,599 \cdot e^{-\lambda\theta}] = N_\infty [1 - 0,599 \cdot 0,4862] = 0,709\, N_\infty$, d. h. derzeit (1920) enthält das Kahlbaum-Präparat schon 70,9 % der Gleichgewichtsmenge an MTh, folglich auch an den Folgeprodukten (ThEm. etc.).

Verfasser glaubte das Obige so ausführlich behandeln zu müssen, da dies für das praktische Arbeiten als nützlicher Ratgeber dienen kann.

Skizze B. Radiumemanationbestimmung.



Masstab ca. 1 : 10.

E Elektrode, 5 mm starker Aluminiumstift ist im Boden des Ionisationsgefässes in Bernsteinpfropfen montiert; letzterer ist von einem geerdeten Schutzring und dieser wiederum von einem Ebonitring umgeben. Der Kontakt mit dem Elektrometersystem wird durch Spiralfeder hergestellt.

G Kautschukgebläse.

I Ionisationsgefäss, 17 cm hoch, 20 cm Durchmesser.

M Elektromotor.

Q Quirlflasche, 2 Liter Inhalt.

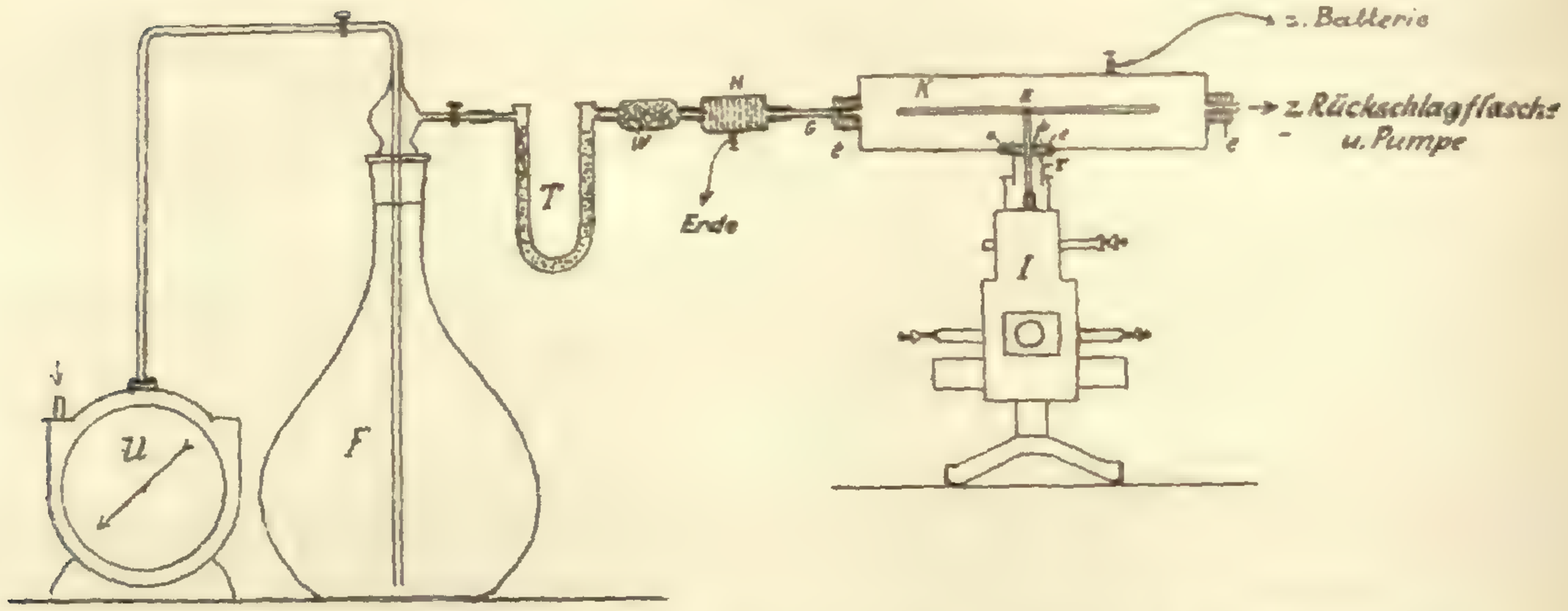
S Schüttelapparat.

T Trockenrohr mit Chlorkalzium und Watte; diese zum Auffangen von Staub und Ionen.

Z Ebonitring hochpoliert; sitzt fest an aufgelötetem Ring am Boden der Ionisationskammer einerseits und im Elektrometerhals andrerseits. Dieses Zwischenstück ersetzt also ein Stativ für das Ionisationsgefäss.

W Wulfsches Einfadenelektrometer (Phys. Zeitschr. XV., 1914).

Skizze C. Thoriumbestimmung.



E Elektrode, 20 cm langer, 5 mm starker Draht, axial im Kondensatorrohr.
F Quirlflasche, 2 Liter Inhalt.
G Glasrohrzwischenstück.
I Instrument (Wulf-Einfaden-Elektrometer).
K Metallrohr-Kondensator, ca. 25 cm lang, mit Schutzring (*r*), zwischen Bernstein (*b*) und Ebonit (*e*).
N Metallrohr mit Netzen zum Abfangen von Ionen, gebildet durch das Schütteln.
T Trocknungsrohr mit Chlorkalzium und Watte.
U Gasuhr zum Messen des durchgesogenen Luftvolumens.
W Wattevorlage.

Statt einer Pumpe und Gasuhr kann mit Vorteil auch ein grosses Vakuumgefäss verwendet werden. Man stellt stets das gleiche Vakuum her und dieselbe Eintrittsöffnung für die Aussenluft. Zur Prüfung des herrschenden Druckes und gleichförmigen Luftstromes dient das am Vakuumgefäss angebrachte Manometer.

Mitteilungen aus dem Geobotanischen Institut Rübel in Zürich.

Die Entwicklung der Pflanzensoziologie.

Von

EDUARD RÜBEL.

(Als Manuskript eingegangen am 21. September 1920).

In einigen einleitenden Worten sei die Geschichte der Gesamt-Botanik gestreift, um die Stellung der Geobotanik klarzulegen und innerhalb dieser dann die der Pflanzensoziologie. Der Anfang der reinen Botanik war eine allgemeine Beschreibung des Äussern der einzelnen Pflanzen und die Klassifizierung dieser Pflanzen. Es sind also die Anfänge der Morphologie und Systematik. Später kam die Frage nach den Lebensvorgängen dazu, die Physiologie. Nach und nach nannte man das Studium der Form und der Lebensvorgänge die allgemeine Botanik, die Klassifizierung die spezielle Botanik. Auf diese Einteilung wurden viele der Hochschul-Lehrstühle begründet und beibehalten, trotzdem die Wissenschaft längst weitergegangen ist, neue Teildisziplinen angefügt hat und die Physiologen sich sehr speziellen Untersuchungen an einzelnen speziellen Pflanzen zugewandt haben, anderseits die Systematiker längst vom Standpunkt der speziellen blossen Beschreibung, Benennung und Einschachtelung übergegangen sind zu weitsichtigen allgemeinen Problemen. Bei der sog. allgemeinen Botanik fand nach Erfindung des Mikroskops die äussere Morphologie eine wertvolle Ergänzung mit grossen neuen Aussichten durch die innere Morphologie, genannt Anatomie, da man sie durch Zerschneiden der Gegenstände und Betrachten der Teile unter dem Mikroskop betreibt.

Viel später kamen die geobotanischen, paläobotanischen und genetischen Fragen hinzu und wuchsen zu gleichberechtigten Teildisziplinen, fanden aber in den meisten Lehrbüchern keinen organisch eingefügten Platz mehr.

An Stelle dieses historischen Aneinanderreihens neu sich entwickelnder Teildisziplinen setzt Tschulok[1]) eine logische Einteilung

[1]) S. Tschulok, Das System der Biologie in Forschung und Lehre, eine historisch-kritische Studie. Jena 1910.

der Botanik nach inkommensurabeln materiellen Gesichtspunkten und findet sieben solcher Fragen, die ihm zur Erkenntnis der Lebewesen notwendig und hinreichend erscheinen. Es sind dies:

1. Die Verwandtschaftslehre, Taxonomie oder Systematik: Die Verteilung der Pflanzen auf Gruppen, auf Sippen nach dem Grade ihrer Ähnlichkeit, also nach Arten, Gattungen, Familien usw.

2. Die Formlehre, Gestaltslehre, Morphologie: Das Studium der Gesetzmässigkeiten der Gestalt, der äussern wie der inneren, deren spezielles Studium Anatomie genannt wird.

3. Die Lebenslehre, Physiologie: Sie betrachtet die Lebensvorgänge in den Organismen.

4. Die Haushaltslehre, Ökologie: Die Anpassung der Organismen an die Aussenwelt, die Erde; also die Einrichtung ihres Haushalts.

5. Die Raumlehre, Chorologie: Die Verteilung der Organismen im Raume, also auf der Erde.

6. Die Zeitlehre, Chronologie: Das zeitliche Auftreten der Organismen in der Erdgeschichte.

7. Die Entwicklungslehre, Entstehungslehre, die Genetik: Die Herkunft der organischen Wesen.

Wo bleibt nun die Geobotanik? Diese ist kein einfacher, sondern ein zusammengesetzter Fragepunkt. Wir definieren die Geobotanik folgendermassen:

Die Geobotanik ist die Wissenschaft von den Beziehungen der Pflanzen zur Umwelt, zur Erde.

Gehen wir also die genannten sieben Teildisziplinen durch, um zu sehen, welche an der Geobotanik teilhaben. Die Morphologie und Physiologie beschäftigen sich mit Form und Funktion der einzelnen Teile der Pflanzen auf die Fragen: Wie sehen die Pflanzen äusserlich und innerlich aus und wie funktionieren ihre Organe, um das Leben zu ermöglichen; also Fragen, die prinzipiell an den einzelnen Pflanzenteilen zu lösen sind, ohne dass ein Verhältnis zur Erde hineinspielt, wenn auch ihre Resultate mitbenützt werden müssen in den andern Teildisziplinen.

Die Systematik der Sippen beschäftigt sich nach der Frage, wie ordnen wir die Pflanzen, um uns Begriffe machen zu können, mit der ganzen Einzelpflanze; also im Prinzip auch ohne Beziehung zur Erde. Um eine bestimmte Ordnung zu begründen, bedient sich der Systematiker naturgemäss wiederum aller übrigen Teildisziplinen.

Die Ökologie frägt: Wie richten die Pflanzen ihren Haushalt, ihr „Kost und Logis“, ein bei dem vorhandenen Klima, Boden und

Wettbewerbsverhältnissen auf der Erde: also Beziehung zur Umwelt, folglich ein Teil der Geobotanik, nämlich die ökologische Geobotanik.

Die Chorologie frägt: Wie nehmen die Pflanzen ihre Wohnsitze im Raume ein, wie verteilen sie sich auf der Erde: also hervorragende Erdfrage, es ist die chorologische Geobotanik, Pflanzengeographie im engern Sinn, meist floristische Pflanzengeographie genannt.

Die Chronologie frägt: Wie verhalten sich die Pflanzen zur Zeit, d. h. zu den Erdperioden? Diese chronologische oder historische Geobotanik ist eng mit dem Entwicklungsgedanken verbunden. Es ändern sich die Erdperioden, in denen die Pflanzen wachsen, es ändern sich aber zugleich die Pflanzen selber unter diesen wechselnden auf sie einwirkenden Kräften. Das Geogenetische der Chronologie wird mit dem Phylogenetischen der eigentlichen Genetik stets zusammengefasst als genetische Geobotanik oder entwicklungsgeschichtliche, auch epiontologische Geobotanik genannt.

So erhalten wir drei Teile der Geobotanik, da die Umwelt in verschiedenen Richtungen wirkt und verschiedene Probleme stellt, vor allem die drei grossen Problemkomplexe (Fragengruppen):

1. Das Raumproblem, die Frage nach der Verteilung der Pflanzen auf der Erde.

2. Das Standortsproblem, die Einrichtung des Haushalts der Pflanzen, die Frage nach dem Verhalten zum Standort im weitesten Sinn.

3. Das Veränderungsproblem, die Frage nach dem Verhalten der Pflanzen zu den Veränderungen der Erde und die Veränderungen der Pflanzen selber in den Zeiten.

Bis jetzt haben wir als Gegenstand der Untersuchungen immer von der Pflanze gesprochen. Es ist nun klar, dass dabei nicht das konkrete Individuum gemeint ist, sondern die abstrakte Sippe, in erster Linie die Art (Spezies). Wenn ich sage, die Rotbuche, Fagus silvatica, ist in Mitteleuropa verbreitet, so ist also die Art gemeint, das einzelne Individuum steht nur an einem Ort. Wir verfolgen das Vorkommen der Art auf der Erde, studieren den Haushalt der Art usw. Die Untersuchungen werden auch auf Sippen höheren Ranges wie die Gattung, die Familie ausgedehnt. Die Gegenstände, die nach den botanischen Fragen behandelt werden, sind also durch die Sippensystematik erkannte Einheiten.[1]) Es gibt aber auch noch

[1]) Helmut Gams 1918 (Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung und Methodik der Biocoenologie. Vierteljahrsschrift der

ganz andere Einheiten. Vergleichen wir erst einmal mit der Wissenschaft vom Menschen. Da hören wir in der Anthropologie die Erkenntnis von der Gestalt des Menschen, von seiner Verteilung, Anpassung usw. Daneben haben wir aber eine Soziologie, deren Forschungsgegenstände gesellige Einheiten bilden, Völkerstämme, Staaten. Die Lehre von den menschlichen Gesellschaften besteht ganz für sich neben der Lehre vom Einzelmenschen, da es zwei verschiedene Gegenstände, Einheiten verschiedener Natur sind, die der Forschung unterliegen. Ganz ähnlich liegt der Fall bei der Botanik. Auch dort gibt es bestimmte gesellige Einheiten, die Pflanzengesellschaften, welche gewissermassen zusammengesetzte Organismen bilden, die ihren eigenen Gesetzen folgen. Unter bestimmten Klima- und Bodeneinflüssen, bestimmten Wettbewerbsverhältnissen finden sich Gruppen von Pflanzen in bestimmten Mengenverhältnissen, in bestimmten Lebensformen stets wieder zusammen, die als wohlumschriebene Forschungsgegenstände zu bezeichnen sind. Wir haben also in der Botanik neben der Einzelpflanzenlehre auch eine Gesellschaftslehre, eine Pflanzensoziologie.

Der Ausdruck Soziologie ist neueren Datums. Er drängt sich geradezu auf; das ergibt sich daraus, dass er an mehreren Orten unabhängig von einander, wie die Nachfrage ergab, entstanden ist. In Justs botanischem Jahresbericht verwendet Höck seit 1906 den Kapiteltitel „Soziologische Pflanzengeographie“ (der Name wird dort nicht erörtert, in früheren Jahrgängen kommt er noch nicht vor; er scheint von dort aus auch nicht weiter gedrungen zu sein). In einer engeren Begrenzung schlug P. Jaccard die Verwendung von Soziologie vor in Flahault u. Schröters Phytogeographischer Nomenklatur am Brüsseler Kongress 1910 und darauf gestützt in erweitertem, dem jetzigen Umfang des Begriffs entsprechend E. Rübel in „Anfänge und Ziele der Geobotanik“ (Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jg. 62, 1917), daraus übernommen von J. Pavillard in Montpellier in „Les progrès de la nomenclature dans la géographie botanique“ (Annales de Géographie, 27. Nov. 1918). Unabhängig davon, auch auf Jaccards Vorschlag gestützt, führen 1918 Du Rietz, Fries und Tengwall in Schweden den Ausdruck ein. Als weitere Entstehung finden wir einen kleinen Artikel von Roland Harper, College Point, New York, „The new science of plant-sociology“ in der populären Zeitschrift „The scientific monthly“, Mai 1917. Er verwandte den Ausdruck schon in einer Notiz „Is forestry a science?“ (Torreya. 16. Juni 1916) und seit 1913 gelegentlich in Referaten ohne Erklärung.

Wie verhält sich nun diese Pflanzensoziologie zur Geobotanik? Zum Begriff einer Gesellschaft gehört als unerlässlicher Bestandteil das Milieu, der Haushalt; der Haushalt der Pflanzengesellschaft ist

---

Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Bd. 63, 1918) nennt die Erforschung der Einzelorganismen Idiobiologie. Werden nun die pflanzlichen Teile der Biologie allein betrachtet, so müsste man entsprechend von Idiobotanik oder Idiophytologie sprechen.

durch die Umwelt bedingt, durch Klima, Boden usw. Es besteht also stets eine Verbindung mit der Erde, somit können wir die gesamte Gesellschaftslehre als Bestandteil der Geobotanik ansprechen.

Der Standort, der den Haushalt der Gesellschaft bedingt, drängte sich den Forschern zuerst auf. Etwa ein Jahrhundert lang wurden Gesellschaften studiert, ohne dass die Pflanzengesellschaft als Forschungsobjekt ausdrücklich erkannt war, sie stak immer unerkannt und unausgesprochen im Standort. Unter Standort verstehen wir heutzutage die Gesamtheit der an einer bestimmten Örtlichkeit auf die Pflanzenwelt wirkenden Einflüsse; es sind dies klimatische Einflüsse wie Temperatur, Licht, Feuchtigkeit, Wind, usw., Bodeneinflüsse wie Wassergehalt, Nährstoffgehalt, physikalische und chemische Zusammensetzung der Gesteine und ihrer Zerfallprodukte, Einflüsse anderer Wesen, Wettbewerb mit andern Pflanzen um den Raum, also Wurzelwettbewerb im Boden, Wuchsortwettbewerb, Blattwettbewerb, Einwirkungen durch Weiden, Düngen, Mähen, Roden, Schwenden usw. Dieser Standort ist die Hauptursache der Pflanzengesellschaft. Dass dieses ökologische Moment, das schon im Forschungsgegenstand, der Pflanzengesellschaft drin steckt, hervorspringend wichtig ist, zeigt sich auch schon darin, dass die Pflanzensoziologie sozusagen aus der „ökologischen Pflanzengeographie“ herausgeboren wurde. Im Anschluss an die standörtliche, ökologische Auffassung der Pflanzengesellschaft schlägt Schröter 1902 (Vegetation des Bodensees, S. 63) vor, für die Lehre von den Pflanzengesellschaften „den Namen Formationslehre oder Synökologie einzuführen, von syn = mit, zusammen und oikos = Haus; also die Lehre von den Pflanzen, welche zusammen wohnen und zugleich die Lehre von den Pflanzen, welche analoge ökologische Bedingungen aufsuchen.“

Schröter spricht von physiognomischer Synökologie, geographischer Synökologie, ökologischer Synökologie, florengeschichtlicher Synökologie. Es deutet also das beigegebene Adjektiv mehr auf die Problemstellung, das Hauptwort Synökologie mehr auf den Forschungsgegenstand — in der ökologischen Synökologie wird die Pflanzengesellschaft nach dem ökologischen Problem behandelt —. Der Gegenstand hat aber nicht nur eine ökologische Seite, es ist daher wohl besser statt Synökologie den neutraleren, direkt die Gesellschaft deutenden Ausdruck Soziologie zu verwenden. Die Prägung des Begriffes Synökologie [1]) war zur Zeit ein grosser Fortschritt und hat bedeutenden Leistungen den Weg gebahnt, ist dadurch über sich selbst hinaus-

---

[1]) Man beachte, dass Autökologie und Synökologie keine analogen Begriffe sind; in der Autökologie wird nur an die ökologische Problemstellung gedacht, beim Wort Synökologie jedoch zugleich und in erster Linie an den Gegenstand der Forschung, die Pflanzengesellschaft, ohne gleich ausdrücklich die Art der Problemstellung hineinzulegen, diese muss erst noch durch das beigegebene Adjektiv näher bezeichnet werden. Die gleichwertigen Kategorien heissen also nicht Autökologie und Synökologie, sondern Autökologie und ökologische Synökologie. Diese Feststellung ist von Wichtigkeit bei der oft vorliegenden Frage, was zu dem gemeinhin mit „ökologischer Pflanzengeographie“ bezeichneten Gebiet gehöre: ob alles dazuzurechnen sei, betreffe es das ökologische Problem und den als ökologisch empfundenen Gegenstand oder nur das, was das ökologische Problem betrifft. Darüber sind die Meinungen verschieden, wir finden die geographische Synökologie (chorologische Soziologie) bei den einen Forschern unter ökologischer Pflanzengeographie behandelt, bei den andern unter floristischer Pflanzengeographie.

gewachsen, indem seit damals diese Wissenschaft so nach allen Seiten gewachsen ist, dass sie heute den klar und weit umfassenden Ausdruck Soziologie benötigt.

In der Soziologie können wir natürlich wieder nach den Hauptproblemen in die Teildisziplinen scheiden. Wir haben nach Raumproblem, Standortsproblem, Veränderungsproblem eine chorologische, eine ökologische und eine genetische Soziologie. Während wir aber bei der Einzelpflanzenlehre die Teildisziplinen Morphologie, Physiologie und Systematik als ausserhalb der Geobotanik stehend gekennzeichnet haben, so liegt, wie gesagt, die ganze Pflanzensoziologie innerhalb der Geobotanik, wir haben also auch von einer Gesellschafts-Morphologie, einer Gesellschafts-Systematik usw. zu sprechen.

Kurz zusammengefasst spricht man in der Geobotanik von der Erforschung der Vegetation, wenn man die Pflanzengesellschaften studiert und von der Erforschung der Flora, wenn man die Einzelpflanzen geobotanisch behandelt; dies die zwei grossen Teile der Geobotanik nach dem Forschungsgegenstand.

Die Botanik ist eine alte Wissenschaft, die Ausbildung der Geobotanik jedoch ist ziemlich jung, zusammenhängende Anfänge gehen auf Haller, Linné, Soulavie und Willdenow zurück, als selbständige Wissenschaft können wir sie erst von Humboldt an, also seit dem ersten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts rechnen. [1]) Die Pflanzensoziologie entwickelte sich noch später. Dieser Entwicklung wollen wir nun nachgehen.

Untrennbar von der Pflanzengesellschaft ist ihr Standort, wie wir gesehen haben, und man gelangte einerseits vom Standortsbegriff aus zum Studium der Pflanzengesellschaften. Anderseits geschah es auch noch von einem gauz andern Begriff aus, nämlich von der Vegetation selber. von ihrer Morphologie aus, deren Gesellschaftlichkeit sich durch eine bestimmte Physiognomie äussert. Das Studium der Physiognomie führte zwangsläufig zu gesellschaftlichen Einheiten. Zur Soziologie, wie wir sie verstehen, ist durchaus die Verbindung von beiden Betrachtungsweisen notwendig. Dies ist bisher viel zu wenig beachtet worden. Im Gegenteil hat jede der beiden Richtungen den Hauptwert auf ihre Seite des Problems gelegt und kam naturgemäss zu andern Begriffen, daraus entstand u. a. das Chaos des Formationsbegriffes.

Wir können die Pflanzengesellschaft sozusagen zu-

---

[1]) E. Rübel, Anfänge und Ziele der Geobotanik. Vierteljahrsschrift der Nat. Ges. in Zürich, Jg. 62, 1917.

sammensetzen aus dem Standort, der Physiognomie und drittens dem eigentlichen Material, der Flora, die für ein Gebiet gegeben ist; d. h. aus historischen Gründen sind in einem gegebenen Gebiet nur gewisse Pflanzenarten, eben die Flora des Gebietes, vorhanden.

Der Standort an und für sich ist noch nichts botanisches. Das Standortsstudium ist zuerst Meteorologie, Klimatologie, Bodenkunde usw., die das Material liefern, um die Haushaltungsbedingungen zu erkennen. Botanisch wird das Standortsstudium erst, wenn man die Wirkungen auf die Pflanzenwelt betrachtet. Diese gibt sich in der Physiognomie kund, besonders in dem Teil, der durch Anpassung erreicht ist: in dem Aussehen der Vegetation, nicht nur im äusserlichen, sondern bis in seine anatomischen Bedingtheiten. Z. B. steckt in der Betrachtung des Aussehens eines mittelländischen Hartlaubblattes wie das des Ölbaums, der Stein- und Korkeiche das Erkennen von Trockenheitsanpassungen, von Strebewänden im Blatt usw.

Von der andern Seite an die Frage herantretend, ist eine Landschaftsbeschreibung auch noch nicht wissenschaftliche Botanik, man darf die Physiognomie nicht nur äusserlich beschreibend benutzen, sondern muss in ihre Bedingtheit eindringen, die neben dem konstitutionell systematischen Charakter der Arten, der mitberücksichtigt sein muss, in dem Angepasstsein an die umgebenden Einflüsse, die zusammen den Standort bilden, ihren Ausdruck findet. Dieses Anpassen an den Standort nennen wir Epharmose, den angepassten Zustand Epharmonie.

Die zielbewusste Verbindung der beiden Betrachtungsweisen, die wir als die standörtliche und die physiognomische bezeichnen können, beginnt erst in den Fünfziger- und Sechzigerjahren des vorigen Jahrhunderts in den Arbeiten von Sendtner in München, Lorenz in Salzburg und besonders Kerner in Innsbruck. Ganz durchgeführt finden wir sie eigentlich erst in Warmings grossem Buch von 1895 „Plantesamfund“, d. h. wörtlich übersetzt „Pflanzengesellschaften“. Es ist auch eine prachtvolle Gesellschaftslehre. Vorher waren die beiden Betrachtungsweisen mehr oder weniger nebeneinander hergelaufen, ihre Vereinigung brachte durchschlagende Erkenntnis. Diese Arbeit hat mit Recht den ungeheuren Erfolg gehabt.

Die standörtliche Betrachtungsweise erscheint mir bei Linné zu beginnen, die physiognomische bei Willdenow und Humboldt und zwar nicht zufällig; beiderseits sind es Botaniker und Geographen, aber in verschiedenem Masse. Geobotanik kann nur durch

Vereinigung von botanischem und geographischem Interesse zustandekommen, aber es kommt darauf an, welches das Vorwiegende, der Ausgangspunkt, die Fragestellung ist. Der eine geht von der Pflanze aus und gelangt durch die Frage, wo finde ich sie, auf die standörtlich geobotanischen Probleme, der andere geht von der geographischen Erfassung der Landschaft aus und fragt, was bedingt das Aussehen der Landschaft, warum ist sie gerade so, und löst von der physiognomischen Seite geobotanische Probleme.

Die Bezeichnungen hinken den Erkenntnissen naturgemäss immer nach, zuerst bleiben alte Bezeichnungen den neu erkannten Problemen noch unbewusst anhaften. Als schönes Beispiel sei angeführt: Flahault erklärt 1900 in seinem pflanzengeographischen Nomenklaturprojekt, was er unter Assoziation, synonym aufgefasst mit Warmings Pflanzenverein, mit Kerners Formation, mit Robert Smiths plant association usw. verstehe. So aufgefasst entspreche die „association" genau dem, was er seit 1893 angenommen habe. Gehen wir aber diese Arbeiten durch, so spricht er durchaus nicht von „associations", sondern 1893, 1894, 1895 stets von „stations", also Standort statt Pflanzengesellschaft, auch einmal „pour les différentes stations, pour les différentes formations, comme on dit volontiers aujourd'hui". 1896 und 1897 schreibt er von „associations", aber durchaus nur im allgemeinen Sinn von Pflanzengesellschaft. Dies ein Beispiel, wie der Ausdruck Standort, station mit soziologischem Inhalt gefüllt wurde, ohne dass das Wort vorerst geändert wurde, bis mit Wissen und Willen Flahault 1900 die Begriffe scheidet, bezeichnet und definiert.

Gehen wir nun den Fäden nach, die sich zuletzt zu unserer Gesellschaftslehre fügen. Linné schreibt, nachdem er sich schon in seiner Jugendschrift, den Spolia botanica, ferner 1737 in der Flora lapponica und 1739 in „Über den Anbau der Pflanzen" mit geobotanischen Problemen beschäftigt hatte, in seiner Flora suecica 1745 von Standorten, die uns etwas an Gesellschaften erinnern. Es sind dies Scaniens Felder (campi), Smålands Wälder (saltus), Ostrogothiens Brachäcker (arva); zwischen allgemeineren Ausdrücken wie Alpes, insulae, montes, landschaftlichen wie prata, silvae, nemora, clivi. paludes, stehen speziellere wie Pineta, Ericeta, Saliceta. Die Endung -etum ist für Linné nur eine der lateinischen Sprache zusagende Bildung, ohne dass er einen botanischen Begriff damit einführen will.

Viel eingehender nennt und beschreibt er Standorte in der Philosophia botanica 1751, es sind deren folgende 25: mare, littora. fontes, fluvii, ripae, lacus, stagna, paludes, caespitosa, inundata, uliginosa, alpes, rupes, montes, campi, silvae, nemora, prata [a) fertilia, b) exsucca, c) humidiuscula], pascua, arva, agri, versurae, culta, fimeta, ruderatae.

Linnés Schüler A. Hedenberg (Amoen. Acad. 1754, Vol. IV.,

S. 64) schreibt 1754 von den „stationes plantarum“, in denen aber kaum etwas gesellschaftliches liegt.

Einen Weiterbau auf diesen vielen chorologischen und ökologischen geobotanischen Beobachtungen Linnés finden wir nun aber nicht. Die Bedeutung Linnés als Systematiker war offenbar so gewaltig und die dort erzielten Fortschritte so überragend gross, dass die Augen der Nachfolger zum Ausbau auf dies Gebiet gebannt wurden.

Weitere Ausdehnung erhält der Standortsbegriff 1823 [1]) durch Schouw, Prof. in Kopenhagen. Neben einem Kapitel über die Florenreiche erscheint eines als „Ortslehre der Pflanzen“, in welchem viel neues steckt, das zur Ausgestaltung der Gesellschaft beigetragen hat, trotzdem es sich um Eigenschaften der einzelnen Pflanzenarten handelt. In dieser Ortslehre der Pflanzen betrachtet er die geographische Verbreitung der Sippen in drei Richtungen: 1. „Verbreitungsbezirk“, 2. „Verteilungsweise“, darin bespricht er plantae sociales, plantae solitariae, plantae gregariae, diese Ausdrücke sind erfunden, um von der Sippe auszusagen, welcher Art sie wächst, wir benutzen diese Ausdrücke jetzt nach deren Ausbau durch Drude, um die Zusammensetzung einer Pflanzengesellschaft zu charakterisieren. Die 3. Richtung nennt Schouw das „Vorkommen“, gemeint ist der Wuchsort oder Einzelstandort, indem er wohldurchdachte Scheidungen nach ökologischen Faktoren vornimmt. Dieses „Vorkommen“ erläutert er nach dem Medium, nach dem Licht, nach dem Substrat und was besonders bemerkenswert ist, viertens nach dem Vorkommen vorherrschender Pflanzen. Diese Verbindung der besprochenen Pflanzen mit andern, die am Orte vorherrschen, erweckt in uns den Begriff der Pflanzengesellschaft, bei Schouw blieb er aber noch unausgesprochen und unentdeckt.

Er unterscheidet 1. nach dem Medium: submerse, emerse, amphibische, oberirdische, unterirdische Pflanzen (Es heisst immer „Pflanzen“, es handelt sich um Einteilung der „Pflanzen“, nicht von Standorten oder Gesellschaften); 2. nach dem Licht: Dunkelheitspflanzen, Schattenpflanzen und Lichtpflanzen; 3. nach dem Substrat: a) nach dessen chemischer Beschaffenheit Kieselpflanzen, Sandpflanzen, Kalk-, Gips-, Salzpflanzen, b) nach der geognostischen Beschaffenheit Granit-, Basalt-, Kalkpflanzen (bemerke Kalkpflanzen an zwei verschiedenen Stellen), c) nach dem Feuchtigkeitsgrad Sumpfpflanzen, Schlammpflanzen, Bruch- und Feuchtwiesenpflanzen, d) nach anderen Boden-

[1]) J. F. Schouw, Grundzüge einer allgemeinen Pflanzengeographie. Berlin 1823.

eigenschaften Felspflanzen, Geröllpflanzen, Schuttpflanzen, e) ferner epiphytische, parasitäre, epizoische, saprophytische, ruderale Pflanzen usw., dies alles also nach dem Substrat; nun 4. in Hinsicht anderer Pflanzen, mit denen sie vorkommen, er nennt Ackerpflanzen, Wiesenpflanzen, Weidepflanzen; wo andere Pflanzen vorherrschen, erhält das örtliche Verhältnis von diesen den Namen: Ericeta, Rhododendreta, Arundineta, plantae desertorum, fruticetorum, Coryleta, Myrticeta, Pineta, Fageta, Querceta, Palmeta. Will er auch nur das örtliche Verhältnis ausdrücken, wo die systematischen Sippen vorkommen, so ist hier doch unausgesprochen klar und deutlich von einer Pflanzengesellschaft die Rede. Während für Linné die Verbindung mit der Endung -etum nur lateinische Sprachwendung bedeutete, ist sie für Schouw ein dänischer und deutscher Kunstausdruck, der in der Folge zu hoher Bedeutung gelangte und heute als beste Namensbildung für die grundlegende Einheit der Pflanzengesellschaften, die Assoziation gilt.

Diese standörtliche Seite der Gesellschaftslehre findet die nächste bedeutendere Ausgestaltung 1835 durch unsern Oswald Heer. In seiner Arbeit über die Vegetationsverhältnisse des Sernftales[1]) ist die Untersuchung der Pflanzendecke jedes Standorts[2]) zur Hauptsache geworden, also die Schilderung der Pflanzengesellschaft, die er aber auch noch nicht ausdrücklich benennt. In diesem Buch behandelt er Orographie, Klima und Boden, dann die Standortsverhältnisse aller Art, gesondert nach den verschiedenen Höhenlagen, wobei neben Ortsbezeichnungen nach dem Boden auch ausgesprochene Pflanzengesellschaften auftreten. Als solche „Lokalitäten“ zählt er auf:

a) Trockener oder doch nur mässig bewässerter Boden: 1. Wiesen, 2. Weiden, 3. Sand, 4. Trockene Riesen, 5. Geröll, 6. Felsen, 7. mit Humus bedeckte Felsen, 8. Äcker und Gärten, 9. Schutt, 10. Rand der Strassen, 11. Mauern. b) Wasser und bewässerter Boden: 12. See, 13. Quellen, 14. Saure Weide, 15. Bewässerter Sand, 16. Bewässertes Geröll, 17. Bewässerte Felsen, 18. Ufer, 19. Schneetälchen, 20. Schneewasserrinnen. c) Schatten: 21. Waldschatten, α Laubwälder, β Nadelholzwälder, 22. Gebüsche auf Weidboden, 23. Gebüsche

---

[1]) Oswald Heer, Die Vegetationsverhältnisse des südöstlichen Teils des Kantons Glarus; ein Versuch die pflanzengeographischen Erscheinungen der Alpen aus klimatologischen und Bodenverhältnissen abzuleiten. Beiträge zur Pflanzengeographie. Fröbels und Heers Mitteilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde. I. 3. Zürich 1835.

[2]) Für „Standort“ braucht er das Wort „Lokalität“, verwendet es aber durchaus im Sinne des modernen „Standorts“.

auf Sandboden, 24. Gebüsche auf Geröll, 25. Wald- und Gebüschränder, 26. Bewässerte Wälder, 27. Bewässerte Gebüsche, 28. Felsenschatten, 29. Mauerschutt.

Wie zu sehen ist, sind es zum Teil solche Standorte, die auch jetzt noch anerkannt sind als Pflanzengesellschaften, allerdings nicht gleicher ökologischer Wertigkeit, es sind nebeneinander solche sehr verschiedenen Ranges. Im Gegensatz zu den in älteren Zeiten, in welchen die Detailforschung noch nicht so weit vorgerückt war, allein üblichen grossen allgemeinen Abteilungen ist u. a. hier unter Schneetälchen eine ausgezeichnet abgegrenzte Pflanzengesellschaft vorhanden von der ökologischen Wertigkeit der heute als Grundeinheit angesehenen Assoziation.

Bei Heer treffen wir noch auf einen weiteren grossen Fortschritt der Gesellschaftslehre, der aber, nicht genügend beachtet, wieder teilweise verloren ging: Er unterscheidet deutlich zwischen der Geselligkeit einer Art in einer Pflanzengesellschaft und der Abundanz derselben in der gleichen Pflanzengesellschaft und erfindet für beide eine Skala der Bezeichnung. Er benutzt die Zahlen 1—10.[1])

Diese standörtliche Betrachtungsweise finden wir gegen Ende des Jahrhunderts noch bei Flahault, Prof. in Montpellier. Er beschreibt 1893[2]) in seiner Pflanzenverbreitung im Departement Hérault die Pflanzengesellschaften unter dem Namen „stations“, also Standort.

Das Wort „association“ oder irgend eine Gesellschaftsbezeichnung fehlt durchaus, aber als Station wird die Garigue, wird der Buchenwald usw. behandelt. Die einzigen soziologischen Einheiten ausser „station“ finden sich am Schluss (S. 171) unter den Wünschen für künftige Ausarbeitung von Floren: „Il faudrait aujourd'hui réunir des observations précises que la géographie botanique puisse utiliser; il faudrait que, pour les différentes stations, pour les différentes formations, comme on dit volontiers aujourd'hui, on connaisse la végétation dominante, les végétaux abondants et rares dans leurs proportions relatives, dans leur rapport avec la composition minéralogique et chimique du sol, avec la topographie, avec l'altitude et le relief, l'exposition etc.“ „La distinction des stations ou formations importe maintenant plus que le détail des localités.“ Vorher und nachher nichts über Assoziation oder Formation in dieser Arbeit.

---

[1]) Näheres darüber siehe in E. Rübel, Über die Entwicklung der Gesellschafts-Morphologie. Mitteilungen aus dem Geobotanischen Institut Rübel in Zürich. Journ. of Ecology, Vol. 8, Cambridge 1920.

[2]) Ch. Flahault, La distribution géographique des végétaux dans un coin du Languedoc. Montpellier 1893.

Auch im folgenden Jahr 1894 [1]) bleibt Flahault (nach Lecoq) bei der Bezeichnung „station“ in seinem Projekt von geobotanischen Karten, worin er für Frankreich eine moderne Vegetationsbeschreibung nach den ehemaligen Wünschen A. P. de Candolles postuliert, was Christ für die Schweiz schon durchgeführt habe. Was die Pflanzengesellschaften anbetrifft, gibt folgendes Zitat Auskunft (S. LXVIII): „La zone alpine si bien caractérisée par les Gentianes, les Primevères, les Saules rampants, quelques Festuques et des Cypéracées naines, etc., se subdivise avec la même netteté en pelouses, en rochers fixes, en éboulis, en tourbières, en combes de neige, formant autant de stations botaniques tout à fait distinctes et que quelques espèces végétales suffisent à caractériser.“ Also Pflanzengesellschaften von verschiedener ökologischer Wertigkeit werden als „station“ bezeichnet. In den folgenden Jahren findet die Änderung statt. 1896 [2]) und 1897 [3]) gebraucht Flahault den Ausdruck „associations de plantes“, aber durchaus nicht im modernen Sinn des Wortes mit festgelegter ökologischer Wertigkeit, sondern ganz allgemein im Sinne von „Pflanzengesellschaft“. Der Fortschritt besteht darin, dass es nicht mehr der einseitige Standortsbegriff, sondern der moderne Gesellschaftsbegriff ist. Vollen Ausdruck geben Flahault und Pavillard [4]) dem neuen Begriff 1900. Flahault definiert ihn in seinem Nomenklaturprojekt folgendermassen (S. 439): „L'association végétale est la dernière expression de la concurrence vitale et de l'adaptation au milieu dans le groupement des espèces.“ Ferner (S. 440): „Ainsi entendue, l'association répond exactement à ce que nous avons admis des 1893, à ce qu'ont décrit MM. E. Warming en Danemark, Kerner en Autriche, Robert Smith en Ecosse, F. Höck en Allemagne, Schröter en Suisse, Alb. Nilsson en Suède. Le nom d'Association (Plantassociation) lui a été appliqué par les botanistes de langue anglaise. M. Warming la nomme Plantesamfund (en danois), Pflanzenverein; M. A. Nils-

---

[1]) Ch. Flahault, Projet de carte botanique, forestière et agricole de la France. Bull. Soc. bot. France. XLI, 1894.

[2]) Ch. Flahault, Au sujet de la carte botanique de la France. Annales de Géogr. 1896.

[3]) Ch. Flahault, Essai d'une carte botanique: Feuille de Perpignan. Annales de Géogr. 1897.

[4]) Ch. Flahault, Projet de nomenclature phytogéographique. Actes du congrès international de Botanique. Paris 1900.

J. Pavillard, Eléments de biologie végétale. Enseignement préparatoire au certificat d'études physiques, chimiques et naturelles. Paris et Montpellier 1901, S. 567.

son Växtsamhälle en suédois; Kerner la désigne sous le nom de Genossenschaft; M. Höck lui donne aussi le nom de Bestand."

Flahault bezeichnet damit ausdrücklich sein „station", das er seit 1893 gebraucht hat, und all die übrigen Bezeichnungen der verschiedenen Forscher als synonym des jetzt angenommenen und von Robert Smith präzisierten „Association".

Sind wir auf Grund der standörtlichen Betrachtungsweise in der Neuzeit angelangt, so wollen wir jetzt der physiognomischen, von der Pflanzenwelt ausgehenden Anschauungsweise nachgehen.

Zuerst fällt Willdenow, Prof. in Berlin, das gesellige Wachstum der Pflanzen auf. Er beschreibt dies 1792 [1]). In denselben Jahren beschäftigt sich sein Schüler Alexander von Humboldt damit, publiziert darüber aber noch nicht, mit Ausnahme einer kleinen Anmerkung, 1793 gedruckt[2]), 1790 schon im Manuskript vor-

[1]) Ausführliches Zitat in E. Rübel, l. c. 1917.

[2]) A. v. Humboldt, Florae Fribergensis Specimen plantas cryptogamicas praesertim subterraneas exhibens. Accedunt aphorismi ex doctrina physiologiae chemicae plantarum. Berlin 1793.

S. 178, 3. Anmerkung: „Vegetabilia aeque ac animalia sive sociata vivunt, quorum altera vernacula lingua einzeln lebende, altera gesellig lebende Pflanzen vocanda censeo. Exempla praebent:

Gentiana ciliata
Anthericum ramosum
Daphne mezereum
Orchis bifolia
Clavaria pistillaris
Clavaria nivea
Viscum album
Colchicum autumnale
Fucus sacharinus
Agaricus imperialis
Agaricus campestris
Sorbus aucuparia
Lycoperdon tesselatum
Polytrichum piliferum
Octospora lacera
Polygonum aviculare
Erica vulgaris
Poa annua
Lotus corniculatus
Clavaria hypoxilon
Clavaria coralloides
Vaccinium myrtillus
Juncus bufonius
Fucus vesiculosus
Agaricus fascicularis
Agaricus depluens
Corylus avellana
Lycoperdon pedunculatum
Hypnum Schreberi
Octospora cryptophila

Si Ericae vulgaris plantulas in quocunque agro sparsas animadvertas, a situ naturali amotas putes, eodem jure quo formicam vel hominem singulum per sylvam errantem! Terrae tractus, quos plantae sociatae v. c. Erica tenent, Pflanzenzüge, tabulis geographicis designari possunt. Cuius rei tres ab hinc annos sumsi tentamen, in lucem nondum emissum.

handen, in einem seiner Aphorismen über chemische Pflanzenphysiologie, die seiner Willdenow gewidmeten Freiberger Grubenflora beigegeben sind, wo er im lateinischen Text die deutschen Ausdrücke „einzeln lebende“ und „gesellig lebende Pflanzen“ aufführt und die Landstrecken mit geselligen Pflanzen auf den geographischen Karten als „Pflanzenzüge“ bezeichnen will; dies also der erste Ausdruck für eine Pflanzengesellschaft. Er hat den Ausdruck später offenbar wieder aufgegeben, denn ausser einer einmaligen Redewendung (Ideen S. 8—9), wo er die Pflanzen aufzählt, welche die Andenkette „in einförmigen Zügen“ bedecken, kommt der Ausdruck nicht vor, sondern er spricht von „Gruppen“ geselliger Pflanzen, von dem „Phänomen der geselligen Pflanzen“. Willdenows „gesellschaftliche Pflanzen“ und Humboldts „gesellige Pflanzen“ erscheinen in Humboldts französischem Text (Essai 1807, S. 15) als „plantes associées“. Der stets als Anfang der Gesellschaftslehre angenommene Humboldtsche Passus lautet (Ideen 1807, S. 7): „So beginnt das Heideland, diese Gruppierung der Erica vulgaris, Erica tetralix, des Lichen icmadophila und Lichen haematomma, von der Nordspitze von Jütland, und dehnt sich südlich durch Holstein und Lüneburg, bis über den 52. Breitengrad hinaus“; und im französischen Text (Essai 1807, S. 17): „Les bruyères, cette association de l'erica vulgaris . . .“

Weiter (S. 9) sagt Humboldt in seiner berühmten Zoneneinteilung des Tschimborasso: „Aber diese Gruppen (!!) geselliger Pflanzen sind stets minder ausgedehnt und seltener unter den Wendekreisen als in der gemässigten und kalten Zone der nördlichen Erde.“ Daraus sehen wir, dass das Wort „association“ zum ersten Male erscheint, aber als sprachliche Übersetzung für „Gruppe“ und „Gruppierung“, und ferner, dass Humboldt nur einförmige Gesellschaften, bei denen herdenmässig einzelne Arten durchaus vorherrschen, beachtet, den Tropen überhaupt noch keine Gesellschaften zuerkennt, da sie in diesem engen Sinne gefasst dort fehlen. Immerhin ist das französische Wort „association“ da angewandt, es findet sich später gelegentlich in ähnlichem Sinn (Magnin usw.), wird aber erst in der neuesten Zeit durch Flahault endgültig wieder aufgenommen und erhält durch Robert Smith die genaue Prägung.

Diese „Gruppen geselliger Pflanzen“, deren Aufstellung sich Humboldt auf seinen Reisen aufdrängte, erhalten ihre weitere Ausgestaltung 1838 durch August Grisebach, Professor in Göt-

tingen.[1]) Grisebach sucht die Florengebiete durch klimatologische Charaktere zu scheiden, er will dies auf zwei verschiedenen Wegen erreichen, einerseits statistisch nach der Verbreitung der Pflanzenfamilien, anderseits nach physiognomischen Momenten, da eine gewisse Gruppierung der Pflanzen sich immer innerhalb einer Flora halte. Er möchte, wie er sagt, „eine Gruppe von Pflanzen (zu beachten ist wieder der Ausdruck „Gruppe“ wie bei Humboldt), die einen abgeschlossenen physiognomischen Charakter trägt, wie eine Wiese, ein Wald usw., eine pflanzengeographische Formation nennen.“ Damit ist die vage „Gruppierung“ Humboldts zu einem festen Begriff geworden und zwar auf die gesamte Vegetation anwendbar, nicht auf gesellige Pflanzen, Herdenpflanzen beschränkt. Jetzt scheint die Pflanzengesellschaft wirklich gefunden und die Entwicklung einer Gesellschaftslehre möglich, aber — und dies scheint mir ein wichtiger Punkt zu sein, da er teilweise jetzt noch gehandhabt wird — Grisebach hat die Formation nur als Mittel zur Charakterisierung der Florengebiete aufgestellt. Er führt diese Charakterisierung der Florengebiete in derselben Arbeit aber mit andern Mitteln durch und kommt dabei gar nicht mehr auf die Formation zu sprechen. Auch 1866 bei seiner Besprechung des damaligen Standpunkts der Pflanzengeographie spielen die Pflanzengesellschaften keine Hauptrolle. Aber wo er von den „Formationen“ spricht, betont er, dass sie auf klimatische und Bodenfaktoren schliessen lassen; der physiognomische Begriff ergänzt sich hiemit etwas mit dem standörtlichen ökologischen. 1872 in der Vegetation der Erde bespricht er in jedem Florengebiet die vorkommenden Formationen, besser würde man heutzutage sagen die allgemeinen „Pflanzengesellschaften“, was unsere heutige Bezeichnung ist, wenn wir die ökologische Wertigkeit nicht näher angeben wollen; denn Grisebach gibt sich noch keine Rechenschaft über die Wertigkeit, wiewohl er im ganzen die Formationen weit fasst. Da er aber über die Rangstufe nichts sagt, so war es jedem Forscher unbenommen, nach Belieben Wertigkeit hineinzulegen. Und so kam es, dass das Wort Formation bald für engbegrenzte, bald für weit zusammenfassende Pflanzengesellschaften Verwendung fand und bald auch im ganz allgemeinen Sinn von „Pflanzengesellschaften“. Die Übersetzung in französisch und englisch lautete bald „formation“, bald „association“, diese beiden Worte sind ursprünglich durchaus Übersetzungssynonyme und erst in sehr neuer Zeit hat man

[1]) August Grisebach, Über den Einfluss des Klimas auf die Begrenzung der natürlichen Floren. Linnaea XII, 1838 und abgedruckt in Gesammelte Abhandlungen und kleinere Schriften zur Pflanzengeographie. Leipzig 1880.

sich mehr oder weniger darauf geeinigt, beide in jeder Sprache zu gebrauchen und sie dabei auf eine gewisse ökologische Wertigkeit festzulegen; Assoziation als speziesähnliche Einheit, Formation als genusähnliche, die Übereinstimmung darin ist aber durchaus noch nicht allgemein. Die Franzosen legen in das Wort Formation meist nur eine physiognomische Komponente hinein, die Engländer im Gegenteil eine edaphisch-standörtliche.

Es folgen nun die Begründer der eigentlichen Gesellschaftslehre, bei denen die beiden Grundpfeiler, die wir bisher getrennt behandelt haben, vereinigt sind: der als Ursache wirkende Standort und die sich durch ihre Physiognomie einprägende Vegetation. Da scheinen mir vor allem die Werke dreier Männer von hervorragender Bedeutung zu sein: Sendtners Südbayern 1854, Lorenz' Salzburger Moore 1858 und Kerners Donauländer 1863. Bei Sendtner sind die Pflanzengesellschaften das Ergebnis allseitiger wissenschaftlicher Durchforschung des Gebietes, bei Lorenz theoretisch-wissenschaftliche Resultate einer zu praktischen Zwecken durchgeführten Untersuchung, bei Kerner sodann ist die Pflanzengesellschaft der Mittelpunkt, der Zweck der Untersuchung. Aber alle drei beachten das Prinzipielle der Gesellschaftslehre und fördern sie durch synthetisches Denken.

Otto Sendtner, nach Veröffentlichung des Werkes Professor der Botanik in München, legt in dieser Arbeit Grundlagen, die heute noch gelten. Zuerst behandelt er die Beschaffenheit der Bedingungen, Faktoren — auch diese Benennung stammt von ihm — und zwar in der Zerlegung in die einzelnen klimatischen und edaphischen Faktoren, wie es heute noch üblich ist. Er betrachtet dann eingehend die Wirkung jedes einzelnen Faktors auf die Vegetation. Er findet, dass jeder Faktorenmodifikation eine gewisse Gruppe von Pflanzen entspricht, ihr also angepasst ist. Da aber die vielen Faktoren immer zusammenwirken, so erhält er als Gesamterscheinung einen Komplex solcher Pflanzengruppen, die eine Pflanzengesellschaft bilden (Er benützt für Pflanzengesellschaft das Wort „Vegetationsform"). Von Sendtner stammt der wohldefinierte Begriff unseres Standorts, denn er sagt: „... die Faktoren treten zusammen in Wirksamkeit unter der Form von Standörtern." Er vereinigt ausdrücklich damit seine Kombinationen von Pflanzengruppen, also die darauf wachsende Vegetation. Es ist die aus Standort und darauf wachsender Vegetation gebildete Pflanzengesellschaft Studienobjekt. Die jetzt so berühmte Grisebachsche Benennung „pflanzengeographische Formation" war damals offenbar nicht so durchschlagend bekannt, denn Sendtner

erfindet dafür einen eigenen Namen, nämlich „Vegetationsform“. Es entstehen richtige Pflanzengesellschaften, wie Wald, Wiese, Moor, die den zugehörigen Standorten entsprechen. Sendtner teilt weiter ein in Unterformen: Heidewiesen, Alpenwiesen, Kulturwiesen, Laubwald (von Eichen, Buchen, Birken), Nadelwald (von Fichten, Tannen, Kiefern), dazu Waldrand, Aue, Trift, Brüche und Moorwald, Kulturen mit der „Nuanzierung“ der Saatfelder, Brache, Schutthaufen, dann Hochmoor und Wiesenmoor. Seine Vegetationsform ist also eine ökologisch hochwertige Gesellschaft, von späteren Ausdrücken entsprechen hier Vegetationstypus, dort Formationsklasse, Formationsgruppe und Gruppe von Vereinsklassen.

Auch etwas Gesellschaftsmorphologie treibt Sendtner schon, indem er wesentliche und akzessorische Bestandteile in der Pflanzengesellschaft unterscheidet.

Als nächstes grundlegendes Werk der Gesellschaftslehre erscheint mir die pflanzengeographische und genetische Untersuchung der Moore Salzburgs, die Gymnasial-Lehrer J. R. Lorenz[1]) durchgeführt hat. Auf Grund ganz detaillierter Untersuchung von 54 Mooren gelangt er zu einer ausgebauten Gestaltsbeschreibung der Pflanzengesellschaften und zu einer ausgesprochenen Systematik derselben, was vorher noch unbekannt war.

Er geht zuerst auf die physikalischen und chemischen Vegetationsbedingungen ein, auf die hydrographischen und klimatischen Verhältnisse. Er findet die Wichtigkeit der Konstanz der Arten in einer Gesellschaft heraus und unterscheidet demgemäss „constituierende“ Pflanzen, die „das Gewebe der Vegetationsdecke hauptsächlich zusammensetzen“ und die übrigen „eingestreuten“; diese teilt er in „charakteristische“, welche in dem „bestimmten Vegetationstypus“ nie fehlen, und „adventiv eingestreute“; also Begriffe, die heute in der Gesellschaftstreue eine Rolle spielen. Merkwürdigerweise nimmt er die charakteristischen als Unterabteilung der Eingestreuten, als ob die Konstituierenden alle oder keine charakteristisch wären. Ferner gibt er noch die Fülle an, ob reichlich oder spärlich, da auch manche charakteristische Arten stets nur spärlich vorkämen. Gregarie oder alternierend konstant nennt er „vicariren“. Auch die Prosperität, Mastigkeit wird berücksichtigt. Auf Grund der eingehenden Untersuchungen stellt er nach der ökologischen Wertigkeit ein Gesellschafts-

[1]) J. R. Lorenz, Allgemeine Resultate aus der pflanzengeographischen und genetischen Untersuchung der Moore im präalpinen Hügellande Salzburgs. Flora, 16. Jg. Regensburg 1858 und Programm des Gymnasium Salzburg.

system auf. Er übernimmt Sendtners umfassende Gesellschaften, die „Vegetationsformen“, wie Wald, Wiese, Heide, Moor, Röhricht, teilt diese in Unterformen.

Er unterscheidet dann weiter: „... kleinere Complexe von Pflanzen..., welche stets zusammen vereinigt vorkommen und dadurch auf Modificationen der Vegetationsbedingungen hindeuten; solche sich stetig wiederholende kleinere Massen innerhalb der Unterformen sollen hier als „Combinationen“ oder auch „Complexe“ bezeichnet werden, — je nachdem sie entweder aus verschiedenen Species oder aus Anhäufung einer einzigen Species entstehen.“

„Durch das Vorwiegen gewisser Combinationen, wodurch dieselben zu „constituierenden Combinationen“ werden, erhält die von ihnen constituierte Unterform einen bestimmten Typus.“

„Die Typen sollen durch Verbindung der zwei oder drei constituierenden Combinationen bezeichnet werden, z. B. Cariceto-Hypnetum; Eriophoreto-Sphagnetum usw. Die analytische Reihenfolge der Kategorien ist also: 1. Vegetationsform (wesentlich in Sendtners Sinne); 2. Unterform; 3. Typus; 4. Combination und Complex; 5. die einzelnen Species.“

Die Vegetationsform Moor teilt er in die Unterformen Hochmoor, Rasenmoor und Röhrichtmoor. Typen sind: Eriophoreto-Sphagnetum, Cariceto-Hypnetum, Calluneto-Sphagnetum, Phragmitetum usw. Einzelne Typen teilt Lorenz noch weiter ein, z. B. den Typus Eriophoreto-Sphagnetum: Charakteristisch eingestreute Kombinationen sind:

1. Molinia coerulea mit Rhynchospora alba und den obengenannten Sphagnetis....
2. Andromeda polifolia und Vaccinium uliginosum, welche übrigens jedes einzeln eingestreut vorkommen.
3. Lycopodium innundatum mit Rhynchospora alba, oft auch mit Scheuchzeria palustris und Complexen von Drosera longifolia (gen. und var. β obovata) und Drosera rotundifolia. An Stellen, welche frei von Eriophorum-Bulten und ungeachtet der meist fehlenden Sphagna, sehr nass sind.
4. Pinus Pumilio (Hnke); mit Sphagnum acutifolium, seltener S. capillifolium und cymbifolium; Hypnum Schreberi; Dicranum Schraderi; Cladonia rangiferina, Cl. macilenta, Cl. bellidiflora, Cl. pyxidata. Diese Combination greift gewöhnlich auf den höchstgewölbten Stellen Platz und verbreitet sich von dort centrifugal oft bis an die Ränder der Hochmoore.
5. Complexe von Sphagnum cuspidatum in Ansammlungen von Torfwasser.

Charakteristisch eingestreute Einzelvegetation. Drosera longifolia, D. rotundifolia, Andromeda polifolia, Vaccinium Oxycoccos, V. uliginosum, Betula pubescens, Scheuchzeria palustris, Eriophorum gracile, Rynchospora alba, Carex pauciflora."

Aus diesem ausführlichen Beispiel lässt sich vielerlei ersehen. Lorenz greift die von Schouw bei der Standortscharakterisierung geprägte Kunstendung -etum auf und macht sie als erster zur Bezeichnung einer Pflanzengesellschaft. Zugleich gibt er zum erstenmal eine Skala von ökologischen Wertigkeiten von Pflanzengesellschaften, unterscheidet ausser den grossen Abteilungen auch kleinere. Bisher kannten wir nur die grossen „Vegetationsformen" Sendtners (mit Unterformen) und die „pflanzengeographische Formation" von Grisebach, die auch eine weitumfassende Einheit war.

Von Lorenz' Rangstufen von Pflanzengesellschaften erscheint mir besonders wichtig die Stufe, die er Typus nennt. Es ist dies der wirkliche Ausgangspunkt unserer grundlegenden Einheit, der Assoziation. Darunter finden wir die „Combination" im Sinne von „Society" Moss[1]), „Facies" Schröter 1902, „Subformation" Weber. „Complex" dürfte sich mit dem heutigen Herde decken. Auf Lorenz baut Schröter in seinen Wiesentypen 1892 direkt auf, wo er auch das Wort „Typus" übernimmt, das er später verdeutlicht und „Bestandestypus" nennt. Diese Einheit wird auf den Vorschlag von Flahault und Schröter unter dem Namen Assoziation als grundlegende Einheit vom internationalen botanischen Kongress in Brüssel 1910 gutgeheissen mit folgender Definition: Die Assoziation ist eine Pflanzengesellschaft von bestimmter floristischer Zusammensetzung, einheitlichen Standortsbedingungen und einheitlicher Physiognomie. Darin kommt also die standörtliche wie die physiognomische Komponente der Gesellschaft zum Ausdruck, sowie die als Grundlage gegebene Flora.

Bei Lorenz ist die Physiognomie schon durchaus ökologisch erfasst und mit der Ursache der Gesellschaft, dem Standort, kombiniert, sodass wir echte Pflanzengesellschaften vor uns haben. Dass der

---

[1]) Hier ist zu bemerken, dass Moss in allen seinen Schriften Society in diesem Sinne anwendet (kleinere Massen aus verschiedenen Spezies, z. B. in seiner Vegetation of the Peak district, Cambridge 1913, S. 55, 56, 71 „hair-grass society" mit 26 Arten, „soft-grass society" mit 22 Arten), dass hingegen die Definition von Society des britischen Vegetationskomitees in Flahault und Schröters Nomenklatur (Anhäufung von Individuen einer Art) dem Lorenzschen „Complex", einer Herde entspricht. Der Unterschied ist ungewollt entstanden.

Einfluss dieser grossen Fortschritte auf die Literatur nicht durchschlagender war, dürfte vielleicht damit zusammenhängen, dass der Verfasser nicht von einflussreich dominierender Stelle aus wirkte und dass der nur von Mooren sprechende bescheidene Titel der Arbeit zu wenig zum Studium lockte.

Konnte Lorenz 1858 mit seinen Fortschritten noch nicht durchdringen, so wirkte dagegen 1863 durchschlagend das Pflanzenleben der Donauländer von dem genialen Forscher Anton Kerner, Ritter von Marilaun, Professor in Budapest, in Innsbruck und zuletzt in Wien. Kerner sagt, dass die Pflanzen aller Zonen zu Gruppen von gesetzmässigem Aufbau und stilgerechter Zusammensetzung zu Pflanzenformationen [1]) vereint seien, und findet es ganz unbegreiflich, dass deren Studium so vernachlässigt worden sei. Dafür widmet er sich ganz diesem Feld, die Arbeit steht als erste ausschliesslich der Gesellschaftslehre gewidmete da. Er geht zuerst auf die Physiognomik ein und sucht die Grundformen auf, die den Ausdruck der Pflanzendecke bedingen. Bei Humboldt und Grisebach waren die ausgewählten Grundformen noch meist auf konstitutionelle, sippensystematische Merkmale gegründet und führten daher nicht weiter im Haushalt der Pflanzengesellschaften. Bei Kerner sind sie haushaltlich, ökologisch empfunden und durchgearbeitet. Wenigstens die meisten seiner Grundformen sind auf Anpassungseigenschaften, epharmonische Eigenschaften gestellt und können daher zur Gesellschaftsbegründung dienen. Er findet dann gesellschaftliche Einheiten, zusammengehörige Pflanzenmassen derselben Grundform, die man Bestände nenne. Zur Bezeichnung der Bestände benutzt er nicht ein Fremdwort, sondern findet in der Umbildung des Grundformausdruckes durch die Vorsilbe Ge- im Deutschen eine sehr geeignete Wortbildung dafür. Klassisch stellt Kerner den Aufbau der „Formation“ dar, es sei zitiert (S. 11):

---

[1]) Zum Ausdruck „Formation“ muss hervorgehoben werden, dass Kerner ihm keine ökologische Wertigkeit beilegt, sondern durchaus als allgemeinen Ausdruck benutzt, heute genannt Pflanzengesellschaft seit Schröter 1902. Es muss dies hervorgehoben werden, da ihm oft im Sinne eines Vorwurfs die Anwendung des Ausdrucks für ökologisch engwertige Gesellschaften — Krummseggen-Formation, Widerton-Formation, Azaleen-Formation usw. — verübelt wird, mit der Begründung, Grisebach habe 1838 ökologisch viel weitwertigere Gesellschaften damit bezeichnet. Kerner spricht aber auch von der „Waldformation“, benutzt das Wort also rangstufenlos.

Kerner weist auf die Vieldeutigkeit gewisser volkstümlicher Formationsnamen hin, wie Heide, Steppe, Flur, Au, Moor und verlangt genauere wissenschaftliche Ausdrucksweise, wie wir noch heute.

„Die grösste Bedeutung für die Landschaft erlangen die Grundformen natürlich dann, wenn sie ein geselliges Wachstum zeigen und sich zu ganzen Pflanzenmassen von gleichem Ausdruck ineinander schlingen und aneinanderreihen. Man bezeichnet dann solche von einer und derselben Grundform gebildete Pflanzenmassen mit dem Namen Bestände und mag diese wieder je nachdem sie als vollständig geschlossene Gewebe erscheinen, oder stellenweise durch Felsboden, nackte Erde oder Wasser in ihrem Zusammenhange unterbrochen werden, als Dickichte und Lückichte unterscheiden. Auch unterscheiden wir weiterhin die Bestände nach ihren Grundformen und bezeichnen

einen	Bestand	aus	Bäumen	als	Gehölz
„	„	„	Sträuchern	„	Gesträuch
„	„	„	Stauden	„	Gestäude
„	„	„	Kräutern	„	Gekräut
„	„	„	Blattpflanzen	„	Geblätt
„	„	„	Filzpflanzen	„	Gefilz
„	„	„	Schlingpflanzen	„	Geschling
„	„	„	Fadenpflanzen	„	Gefäde
„	„	„	Röhren	„	Geröhr
„	„	„	Halmpflanzen	„	Gehälm
„	„	„	Schwämmen	„	Geschwämm
„	„	„	Krustenpflanzen	„	Gekruste.

Von diesen Beständen bedeckt nur selten einer für sich allein den Boden; gewöhnlich findet eine gegenseitige Durchdringung statt und fast immer bemerken wir mehrere Bestände in Schichten übereinander entwickelt, so dass z. B. über einem Gefilz von Moosen, welches als unterste Schichte den Boden bekleidet, dass Geblätt von Farnen als zweite Schichte emporstrebt und dann als dritte Schichte die auf schlanken Säulen getragenen dunkeln Kronen eines Fichtengehölzes ihr düsteres Schattendach wölben. Die Verkettungen von Beständen sind es, welche man Pflanzenformationen genannt hat und deren Studium von den Botanikern unbegreiflicherweise bis in die neueste Zeit so gänzlich vernachlässigt wurde.

Es mag wohl sein, dass ich infolge jahrelanger Beschäftigung mit diesem Gegenstand eine Vorliebe für denselben gewonnen habe und ihm darum auch eine grössere Bedeutung beilege, als er wirklich verdient; soviel scheint mir denn doch gewiss, dass es eine der anziehendsten und wichtigsten Aufgaben der Botanik sein müsse, an den Pflanzenformationen die gesetzmässige Zusammensetzung, die Entwicklungsgeschichte und die Beziehungen zu den klimatischen ört-

lichen Verhältnissen einer eingehenderen Beobachtung zu unterwerfen, als dies bisher geschehen ist. Die Pflanzenformationen sind es ja, durch welche jede Landschaft ihren eigentümlichen Zug erhält, sie sind es, welche hier durch reiche Gliederung und durch rasch wechselnde Kontraste den lebendigen Ausdruck, dort durch Armut und Einfachheit der Formen die Eintönigkeit der Gegend bedingen. — Welche Fülle von Problemen gibt nicht auch die Erforschung der Beziehungen dieses verschiedenartigen landschaftlichen Ausdruckes zur Gemütsseite des Menschen, sowie zu seiner Naturanschauung, zu seinem Kultus und zu den Werken seines künstlerischen Schaffens."

So weit Kerner. In der Scheidung der Bestände nach Schichten verschiedenen Haushalts liegt ein wichtiger Fortschritt, ein starkes Eindringen in die Gestalt der Gesellschaft, die bei vielen spätern Forschern wieder verloren ging, d. h. wenigstens soziologisch nicht so voll ausgewertet wurde wie von Kerner. Die standörtliche Komponente seiner Untersuchungen bildet er dann noch aus durch eingehende Beobachtung der Beziehungen zu den klimatischen örtlichen Verhältnissen. Kerner führt seine Forderungen an die Gesellschaftslehre auch aus und schildert meisterhaft die Gesellschaften des ungarischen Tieflandes, der Karpathen, des herzynischen Gebirgssystems und der Tiroleralpen. Noch einen weitern Zweig der Soziologie bildet Kerner aus. Er verfolgt die Gesellschaften in ihrem genetischen Zusammenhang, die Entstehung von Gesellschaften in den Alpen und deren Umwälzung im Laufe der Zeit (Anfangs-, Übergangs- und Schlussvereine). Es ist die Sukzessionslehre, die Lehre von den Wandlungen der Gesellschaften, die hier schon stark ausgebaut wird. In neuerer Zeit wird diese besonders in Amerika gepflegt.

Die Gesellschaftsmorphologie, die Kerner so sehr gefördert hat, wird in der folgenden Zeit bedeutend ausgebaut und sozusagen zu einer eigenen Teildisziplin erhoben durch den auf Kerner und Norrlin aufbauenden Ragnar Hult in Helsingfors 1881 [1]). Die physiognomisch charakterisierte Gesellschaft wird induktiv untersucht, dabei wird die ganze Artenliste zu Grunde gelegt. Die Mengenverhältnisse jeder Art im Bestand werden genau geprüft, Lebensformen unterschieden, in Grössenschichten geordnet. Er erhält dadurch nicht nur Pflanzengesellschaften verschiedener unbestimmter Ranggrösse, sondern, wie Lorenz, ganz bestimmte grundlegende Einheiten, besonders die Assoziation. Sobald man eine grundlegende Einheit hat,

---

[1]) Ragnar Hult, Försök till analytisk Behandling af Växtformationerna. Meddel. af Soc. pro Fauna et Flora fennica, 8, 1881.

so beginnt auch die Gruppierung dieser Einheiten, die Systematik, in diesem Falle also die soziologische Systematik, von der wir bei Lorenz den Anfang hatten.

Auf diese macht dann Oskar Drude in Dresden aufmerksam, der 1890 [1]) die rangstufenmässige Zusammenfassung der „Einzelformationen“ zu „Abteilungen“ und dieser zu „Formationsklassen“ verlangt.

Eine gründliche Untersuchung einer Gruppe von Pflanzengesellschaften verdanken wir Stebler und Schröter in Zürich 1892 [2]) in ihrer Übersicht über die Wiesentypen der Schweiz. Es ist dies eine ausserordentlich gründliche gesellschaftsmorphologische und ökologische Studie dieser Gesellschaftsgruppe; sie gehört stets zu den grundlegenden Arbeiten, auf die man immer wieder zurückkommen muss, eine der wenigen Arbeiten, die eine bestimmte Pflanzengesellschaft zum Studienobjekt macht, im Gegensatz zu dem weit häufigeren Fall, bei dem ein Gebiet behandelt wird. Die einzige derartige Arbeit, die wir bisher kennen gelernt haben, waren Lorenz' Moore, auf die sich Schröter auch mehrfach bezieht. Was für Gesellschaften und unter was für soziologischen Bezeichnungen behandelt er? Er schreibt (S. 96):

„Die Pflanzengeographie bezeichnet die natürlichen, in sich abgeschlossenen Pflanzengesellschaften, wie den Wald, die Wiese, die Steppe etc. als „Formationen“; es sind also alle Wiesen unter den Begriff einer Pflanzenformation zusammenzufassen.“

Es ist also der weitumfassende Formationsbegriff von Grisebach, 1838, was aber nicht hindert, dass nebenbei „Formation“ immer wieder als allgemeine Gesellschaftsbezeichnung (neben „Pflanzengesellschaft“) auch für die kleinen Gesellschaften gebraucht wird.

Schröter schreibt weiter: „Was verstehen wir unter dem Begriff „Wiese“? Als Wiese bezeichnen wir (vergl. Ldw. Jahrbuch I. S. 80) eine Pflanzengesellschaft, welche aus zahlreichen Individuen vorwiegend krautartiger Land- oder auftauchender Sumpf- und Wasserpflanzen inkl. Moose und Flechten sich zusammensetzt und den Boden mit einer mehr oder weniger geschlossenen Narbe überzieht; Holzpflanzen, ein- und zweijährige Kräuter können als Nebenbestandteile auftreten; unterseeische Wiesen sind ausgeschlossen.“

Zu dieser Definition ist zu bemerken. Sie ist schön umfassend.

---

[1]) Oskar Drude, Handbuch der Pflanzengeographie. Stuttgart 1890.

[2]) F. G. Stebler und C. Schröter, Versuch einer Übersicht über die Wiesentypen der Schweiz. Beiträge zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz, X. Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, hsg. vom Schweiz. Landwirtschaftsdepartement, Bd. 6, 1892, Bern 1893.

leider später totgeschwiegen und von vielen Autoren bedenklich eingeschränkt worden. Hier gehört also zur Wiese die Rasensteppe, das Hochmoor, das Flachmoor, die Rohrsümpfe; also fast alles, was Brockmann und Rübel als „Prata“ zusammenfassen mit einziger Ausnahme der Submersiprata, von denen Schröter sagt, unterseeische Wiesen sind ausgeschlossen; dass er es ausdrücklich sagen muss, zeigt, dass der Ausdruck „unterseeische Wiese“ allgemein verständlich ist und der Gedanke nicht weit abliegt, diese mit einzuschliessen.

Zu der kleineren Gesellschaftseinheit sagt Schröter (S. 98): „Die vielumfassende Einheit der „Wiese“ wechselt je nach den lokalen Bedingungen sehr stark in der Zusammensetzung des Rasens. Wir benennen diese lokalen Unterabteilungen, die durch eine oder mehrere herrschende oder für die Standortsbedingungen besonders charakteristische Pflanzenarten bezeichnet werden, mit Lorenz als „Typen“ (entsprechend der „Subformation“ Webers, der „Formation“ Kerners und Hults, den „Formationsgliedern“ oder „Ortsbeständen“ Drudes). Es soll durch den Ausdruck „Typus“ angedeutet werden, dass die unter einer Bezeichnung zusammengefassten Wiesen doch mancherlei Verschiedenheiten zeigen können, wenn sie nur im allgemeinen Charakter übereinstimmen, denselben lokalen Kombinationen natürlicher Bedingungen entsprechen.“

Die Ausarbeitung dieser Wiesentypen, Bestandestypen erstreben auch praktische Ziele für die Landwirtschaft. Sie dienen zur Charakterisierung des Landes und seiner Bebauungsoptima. Sie erleichtern die Beurteilung des landwirtschaftlichen Wertes der Wiesen. Sie geben Anhaltspunkte zur richtigen Kombination der Grasmischung künstlicher Bestände. Sie dienen zur Aufklärung der künstlichen Wechselwirtschaft, überhaupt der Veränderung durch Kultur, durch Analogie mit der langsamen natürlichen Wechselwirtschaft, der Aufeinanderfolge der Bestandestypen bis zum bleibenden Endglied der Verkettung, bis zur „abschliessenden Formation“, heute sagen wir „die Sukzession bis zur Schlussgesellschaft.“

Zur Charakterisierung der Typen erfolgt das Studium der Zusammensetzung der Gesellschaften. Als Fortschritt ist die neue, systematisch durchgeführte Untersuchungsart nach den Stetigkeitsverhältnissen hervorzuheben, er nennt es „topographisch-biologisch“, d. h. nach Standortsansprüchen, also neben den bisherigen Abundanzangaben, denen hie und da auch Konstanzangaben beigegeben waren, jetzt Stetigkeitsangaben unter den Begriffen Feuchtigkeitszeiger, Trockenheitszeiger, Düngerzeiger, Magerpflanzen, Humuspflanzen usw.,

Kalkpflanzen, Schattenpflanzen; z. T. bekannte Ausdrücke, aber bisher nicht in der Soziologie zur Charakterisierung der Gesellschaften verwandt, sondern nur bei Einzelbeschreibungen der Eigenschaften der systematischen Sippen. Als deutsche Ausdrücke zur Darstellung des Typus wird meist eine vorherrschende Art mit allgemeinen Suffixen wie Halde, Rasen, Bestand kombiniert: Blaugrashalde, Horstseggenrasen, Burstwiese, Spitzseggenbestand und als „bequeme Abkürzung", wie es Schröter nennt: „die durch Lorenz a. a. O. in die Literatur eingeführte lateinische Bezeichnung mit der Endung -etum", also Phragmitetum, Molinietum.

Neben den Bestandestypen stehen meist eine Anzahl Nebentypen, in denen die Bedingungen sich nur so wenig verschoben haben, dass die Artenliste fast dieselbe ist, aber immerhin andere Arten zur Vorherrschaft gelangen. Es ist auch dies die Festlegung einer neuen Einheit von bestimmter ökologischer Wertigkeit, die wir heute meist mit Subassoziation bezeichnen. Mit den vorher in der Literatur benutzten Einheiten sind die Nebentypen nicht zu identifizieren, da sie nicht das gleiche sind, wie die Kombinationen von Lorenz, welche kleinere Einheiten sind, von denen mehrere zusammengefasst die höhere des Typus bilden, der Nebentypus hingegen ist nicht eine Unterabteilung innerhalb des Bestandes selber.

Es gelangen Stebler und Schröter auf diese Weise zu 21 Typen, denen sich 68 Nebentypen angliedern. Die Verfasser betonen, dass es nur ein Versuch einer Übersicht sei; der ist aber so glänzend gelungen, dass die seitherigen Jahrzehnte nur wenige Ergänzungen und Abänderungen in der Detailauffassung brachten und man für alle Wiesenstudien in Europa diese Arbeit stets als Hauptgrundlage empfindet.

Zur Untersuchungsmethode der Abundanz muss hervorgehoben werden, dass sie in ganz anderer Weise durchgeführt wurde als die vorherigen Schätzungsmethoden. Sie wählen zur Charakterisierung der Mengenverhältnisse eine genaue gewichtsanalytische Methode, indem sie in einem typischen Quadratfuss das Trockengewicht der Pflanzen jeder einzelnen Spezies bestimmen.

Nun folgt 1895 das Hauptwerk von Warming und damit die volle Gründung unserer Gesellschaftslehre. Eugen Warming, Professor in Kopenhagen, veröffentlicht 1895 dänisch, 1896 deutsch, seine „Plantesamfund; Grundträk af den ökologiske Plantegeografi": wörtlich übersetzt: „Die Pflanzengesellschaften; Grundzüge der ökologischen Pflanzengeographie". (Haupttitel ist: Die Pflanzengesellschaften, also unsere heutige Soziologie. In der deutschen Über-

setzung lautet dagegen der Haupttitel, unter dem das Werk bekannt ist: Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie, und leider nur der Nebentitel: eine Einführung in die Kenntnis der Pflanzenvereine.)

Dieses Buch wirkte durchschlagend. Zum erstenmal werden übersichtlich alle Pflanzengesellschaften der Erde besprochen; damit hat die Soziologie ihre breite Grundlage erhalten, von hier an datiert ihr grosser Aufschwung, dieses Warmingsche Buch ist ein bahnbrechendes Ereignis. Es werden darin von dem soziologischen Arbeitsfeld das Raum- und das Standortsproblem in der Übersicht der Pflanzengesellschaften behandelt, das Veränderungsproblem, die Sukzessionslehre unter dem Namen „Kampf zwischen den Pflanzenvereinen". Von der Gesellschaftsmorphologie wird die klimatische, edaphische, biotische Standortsuntersuchung durchgeführt, nicht aber die floristisch-statistischen Gestaltsfragen der Gesellschaft nach den Mengenverhältnissen, der Konstanz und der Treue der Arten in derselben; hingegen als Hilfsdisziplin die Autökologie, die Haushaltslehre der Einzelpflanzen.

Hat sich bisher die Gesellschaftssystematik auf einzelne Teile beschränken können, bei Lorenz auf Moore, bei Schröter auf Wiesen, so ist Warming genötigt, ein allgemeines System zu versuchen. Nach dem Wassergehalt und in einem Fall nach dem Salzgehalt bringt er die Vegetation in die vier Hauptgruppen der Hydrophytenvegetation, der Xerophytenvegetation, der Halophytenvegetation, der Mesophytenvegetation. Diese Hauptgruppen teilt er weiter in Vereinsklassen und diese in Vereine. Mit Warming wird also auch die Gesellschaftssystematik weiter ausgebaut.

Dieser Teil der Soziologie, die taxonomische oder systematische Soziologie, ist ein Suchen nach einem natürlichen System, wie bei der Sippensystematik, nur über 100 Jahre später, und wir sind noch lange nicht bei einem so befriedigenden System angelangt wie die Sippensystematik beim Eichler-Englerschen. Auch die Disziplin selber ist noch nicht so angesehen. Während die Sippensystematik anerkannt wird als Grundlage der Botanik und sie an jeder Hochschule ausführlich gelehrt wird, so wird die entsprechende Gesellschaftssystematik vielerorts über die Achseln angesehen unter Hindeutung auf das unerquickliche Nomenklaturproblem, das ja jeder Systematik anhaftet, aber der Sippensystematik ebenso sehr wie der Gesellschaftssystematik. Auch heute noch wird ein Vortrag über den Speziesbegriff gerne angenommen, ein solcher über den Assoziationsbegriff würde gewiss dankend abgelehnt.

Mit Warming wird die Gesellschaftslehre unter dem Namen

ökologische Pflanzengeographie und bald auch teilweise (in Warmings englischer Ausgabe 1909) unter dem eigentlich gar nicht synonymen Namen Ökologie[1]) überhaupt eine eigene Wissenschaft. Diese Soziologie breitet sich rasch stark aus und gehört heute zu den bevorzugten Wissensgebieten.

Eine Zusammenfassung und direkt die Einsetzung als eigene Disziplin erhält die Gesellschaftslehre durch Schröter 1902 in der Vegetation des Bodensees.

In dieser Arbeit, 1902, schlägt Schröter „als allgemeinsten Ausdruck, der die Einheiten niedersten wie umfassendsten Ranges bezeichnen soll, . . . den Ausdruck Pflanzengesellschaft vor; er ist das Analogon zu dem Ausdruck Sippe in der systematischen Botanik." Dieser Ausdruck Pflanzengesellschaft, den Schröter schon 1892 allgemein benutzt, hat sich gut eingebürgert und ist am internationalen Botanikerkongress in Brüssel 1910 allgemein angenommen worden.

Die Pflanzensoziologie ist begründet und ein Heer von Forschern ist am Ausbau dieser jungen Wissenschaft beteiligt.

Sehr bedeutend ist der Anteil der Schweiz, insbesondere durch Schröter, seine Schüler und Schülersschüler. Aus der Schröterschen Schule sind in erster Linie „Monographien" hervorgegangen; d. h. es wird die Vegetation und Flora eines bestimmten kleinen Gebietes nach vielen Richtungen und darunter besonders nach den Pflanzengesellschaften eingehend studiert und so ein Stückchen Erde um das andere der geobotanischen Untersuchung unterworfen mit dem fernen Ziele, die ganze Erde in ihren Details kennen zu lernen; daneben bietet fast jede Einzelarbeit auch wieder neue allgemeine Gesichtspunkte. Die Reihe beginnt 1895 mit Schröters St. Antöniertal; von 1900 an sind fast jedes Jahr soziologische Arbeiten (bis jetzt etwa zwei Dutzend) aus den verschiedensten Landesteilen erschienen.[2]) Neben der reinen Soziologie spielt in diesen Arbeiten die Florenliste, die genetische Geobotanik und besonders die angewandte Soziologie, das Forst- und Landwirtschaftliche eine grosse Rolle. Das wirtschaftliche Kapitel zeigt, wie die Geobotanik auf rein wissenschaftlichem Grunde doch sehr mit der Praxis zusammenhängt. Die praktischen Ziele

---

[1]) Seither werden in Grossbritannien und Amerika die Soziologie und die Standortslehre (auch der Einzelpflanze) zusammengefasst unter der Bezeichnung „Ecology".

[2]) Vollständige Liste siehe in: Programme für geobotanische Arbeiten; im Auftrage der Schweizerischen Pflanzengeographischen Kommission verfasst von E. Rübel, Präs., C. Schröter, Vizepräs., H. Brockmann-Jerosch, Schriftf. Beiträge zu, geobotanischen Landesaufnahme, Nr. 2, Zürich, 1916.

und Resultate sind in den Monographien sehr glücklich mit der theoretischen Forschung vereint. Einen prägnanten Ausdruck finden die Pflanzengesellschaften in der von Schröter wohlausgebildeten pflanzensoziologischen Kartographie. Die sorgfältig ausgeführten Vegetationskarten auf der prachtvollen Siegfriedatlasunterlage geben hervorragende Überblicke über die Pflanzengesellschaften.

In Deutschland ist neben sehr vieler Detailarbeit vor allem des grossen, weltumspannenden Publikationsunternehmens der beiden grossen Geobotaniker Engler und Drude zu gedenken: Die Vegetation der Erde, Sammlung pflanzengeographischer Monographien. Es sind Monographien grossen Stils, die ganze Länder umfassen.

In Oesterreich findet mehr die Genetik der Einzelpflanzen eine geobotanische Schule, die Wettsteinsche; immerhin nehmen die Pflanzengesellschaften auch einen bedeutenden Platz ein in dem Sammelunternehmen „Vorarbeiten zu einer pflanzengeographischen Karte Oesterreichs“, sowie in einigen andern Arbeiten. Neuerdings ist die Soziologie zum Mittelpunkt geworden in der Monographie der Inselgruppe Arbe von Morton (Englers bot. Jahrb. 1915), einer Arbeit, die viel Verwandtschaft mit den schweizerischen zeigt.

In Frankreich bemühte sich Flahault um eine botanische, forst- und landwirtschaftliche Karte von Frankreich, in deren Text die Pflanzengesellschaften wohl auch berücksichtigt worden wären, wenn diese Arbeiten zustande gekommen wären. Aus den Arbeiten soziologischer Richtung ist die von Josias Braun-Blanquet über die Südcevennen 1915 hervorzuheben.

Auf seinen Exkursionen war Flahault eine Zeit lang begleitet von Robert Smith aus Edinburg, der sich darauf sofort an eine gesellschaftskartographische Aufnahme von Schottland machte. 1900 gab er zwei sehr schöne soziologische Vegetationskarten heraus mit begleitendem Text. Leider starb Robert Smith kurz darauf, aber seine Karten mit Gesellschaftsbeschreibung machten doch Schule in Grossbritannien. Eine Reihe Geobotaniker schloss sich zu einem Vegetationskomitee zusammen, sie gaben mit grossem Erfolg weitere soziologische Studien heraus, die durch den Zusammenschluss eine gewisse Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit erhielten, wobei die Soziologie immer mehr Vertiefung erreichte. Für die internationale Pflanzengeographische Exkursion durch die britischen Inseln 1911 fasst Tansley alle bisher ausgeführten Arbeiten zusammen zu dem hochbedeutenden Buche „Types of British vegetation“ [1]). Dadurch

[1]) Dort ist auch die bezügliche Literatur nachzusehen. Besonders erwähnt sei noch die neueste gesellschaftssystematische Arbeit von Tansley, The classifi-

erhielten diese Länder eine eingehende Bearbeitung vom Standpunkt der Soziologie aus, wie sie noch kein anderes Land besitzt.

Grosse Ausdehnung und Förderung hat die Gesellschaftslehre in Skandinavien erfahren. Es war auch nicht anders zu erwarten, als dass sich in Dänemark um den Begründer Warming eine rege Tätigkeit auf diesem Gebiet entwickle. Die Dänen unternahmen eine systematische Durchforschung von Dänemark selber, von den Färöern und von Island.

In den letzten Jahren hat auch in Schweden und Norwegen, besonders in Upsala, die Soziologie einen gewaltigen Aufschwung genommen. Eine ganze Reihe grosser Monographien sind in rascher Folge erschienen und auch ein reges Interesse um die Gesellschaftssystematik hat sich geltend gemacht.

Wissenschaftlich zu Schweden gehörig ist hier auch Finnland zu erwähnen. Aufbauend auf Hult, Norrlin und Cajander sind in den letzten Jahren auch hier schöne Monographien entstanden, sogar noch 1916, als wir von Finnland nur russisches Chaos hörten, wurden noch auf deutsch und schwedisch Vegetationsarbeiten veröffentlicht.[1])

In Russland arbeiteten auf unserm Gebiet der Finne Cajander in Sibirien, Boris Keller an der Wolga und im Altai, Tanfiliew im Süden.

Was in überseeischen Ländern in Soziologie geleistet worden

---

cation of vegetation and the concept of development; Journ. Ecology, VIII, 2, Cambridge 1920.

[1]) Es ist hier nicht der Ort für lange Literaturlisten: es sei daher auf das Literaturverzeichnis in Warmings Lehrbuch 1918 verwiesen und hier nur einige wenige der Werke angeführt, die dort noch nicht stehen: Warming, Dansk Planteväkst 3. Skovene (Wälder), Kopenhagen 1916—19. Rosenvinge und Warming, The Botany of Iceland: 4. Hesselbo, The Bryophyta of Iceland. 1918; 6. Gallöe, The lichen flora and lichen vegetation of Iceland. 1920.

Melin, Studier över de norrländska Myrmarkernas Vegetation med särskild Hänsyn till deras Skogsvegetation efter Torrläggning, Upsala 1917. Heintze, Växttopografiska Undersökningar i Åsele Lappmarks Fjälltrakter, Lund 1913. Du Rietz, Fries, Osvald und Tengwall, Gesetze der Konstitution natürlicher Pflanzengesellschaften; Meddelanden från Abisko naturvetenskapliga Station 3; Vetenskapliga och praktiska Undersökningar i Lappland anordnade av Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag. 1920. Tengwall, Die Vegetation des Sarekgebietes: Naturwissenschaftliche Untersuchungen des Sarekgebirges in Schwedisch-Lappland, Bd. III, Botanik, Lief. 4. 1920. Häyrén, Björneborgstraktens Vegetation och Kärlväxtflora: Acta soc. pro fauna et flora fennica, 32, 1, Helsingfors 1909. Linkola, Studien über den Einfluss der Kultur auf die Flora in den Gegenden nördlich vom Ladogasee: Acta soc. pro fauna et flora fennica, 45, 1, Helsingfors 1916.

ist, finden wir grossenteils in Englers Vegetation der Erde, mit Ausnahme von Südafrika, wo Marloth die Kapvegetation meisterhaft behandelt und Bews die Vegetation von Natal untersucht.

Als eigener soziologischer Herd bleibt uns noch Nordamerika, wo die Arbeit in drei Richtungen fortschreitet. Auf Drude und Warming fussend, entstanden einige Monographien; ausgesprochener widmeten sich viele Forscher dem Studium einzelner Standorte, besonders den Faktoren der Feuchtigkeit und Verdunstung, eine Ökologie, die kaum mehr soziologisch ist, sie hat ihre Hauptpflege in den grossen Forschungsinstituten. Die Hauptrichtung der Amerikaner jedoch ist dynamische Pflanzengeographie. Es handelt sich um die Sukzessionslehre, den Wechsel der Gesellschaften eines Ortes in der Zeit. Auf Warmings sandliebende Vegetation aufbauend, unternahm Cowles in Chicago ausgedehnte Untersuchungen über die Aufeinanderfolge verschiedener Vegetation an denselben Örtlichkeiten, den grossen Dünen. Seine Schüler, wie auch Clements in Lincoln, später Minneapolis, bauen dieses Gebiet aus.

*

Auf der Erde steht uns ein ungeheures Studiengebiet offen, um diese Unmenge von Gesellschaften zu erkennen, ihre Gestalt zu studieren, ihre Verteilung zu verfolgen, ihren Haushalt zu ergründen, ihren Veränderungen nachzugehen und uns eine natürliche Gruppierung dieser Vielheit auszudenken.

Die Wissenschaft ist Selbstzweck und zwar einer der edelsten auf dieser Erde; um aber der Frage des Materialisten nach dem Nutzen noch kurze Antwort zu geben, sei auf die ungeheure Wichtigkeit der Pflanzensoziologie für einige angewandte Wissenschaften hingewiesen.

Der Forstmann betreibt in erster Linie angewandte Soziologie, sein Studium gilt einer bestimmten Pflanzengesellschaft, dem Walde. Auf der Ökologie dieser Gesellschaft beruht die Forstwissenschaft. Das Studium der Sukzessionen z. B. bewahrt ihn vor falschen Pflanzungen. Ein grosser Teil der Landwirtschaft, besonders in der Schweiz, besteht im Futterbau, also in den ökologischen Verhältnissen der Pflanzengesellschaften, die man Wiesen im weiteren Sinne nennt. Auf die Verhältnisse dieser Matten, dieser Weiden, dieser Streuewiesen kommt es an und auf das Klima und den Boden dieser Gesellschaften. Wenn man diese Gesellschaftsökologie gut studiert, weiss man auch, wie hohe Erträge zu erzielen sind durch Beeinflus-

sung der Zusammensetzung, also Ansäen günstiger Arten, durch Beeinflussung mittelst Bodenverbesserung, also Wässern, Düngen usw.

Dem Geographen bieten die Pflanzengesellschaften die wichtigsten Züge im Antlitz der Erde; die Gegensätze von nordischer Landschaft und Tropenwelt, von Tundra, Steppe und Wüste werden in erster Linie durch die Pflanzengesellschaften zum Ausdruck gebracht. Der Klimatologe lernt von der Pflanzengesellschaft, denn die Abhängigkeit der Pflanzenwelt vom Klima ist ganz klar; wo eine bestimmte Pflanzengesellschaft vorkommt, muss auch ein dazu passendes Klima herrschen. Wenn irgendwo z. B. die Assoziation vorkommt, die wir Brometum erecti, Assoziation des Bromus erectus, Burstwiese nennen, so weiss der soziologiekundige Geograph über diesen Ort mehr als durch eine weitschweifige Beschreibung klimatischer Verhältnisse zu erreichen ist. Für den Wirtschaftsgeographen zeigt das Studium der Soziologie, wie die vorgeschichtliche Siedelung durch verschiedene Verteilung der Pflanzengesellschaften bedingt war und wie die heutigen Produktionsverhältnisse davon abhangen. Von der Botanik muss der Geograph also in erster Linie die Soziologie kennen.

Aber auch der Nationalökonom und Historiker sollte die Pflanzensoziologie kennen, denn die Pflanzengesellschaften haben in hohem Masse eingewirkt auf die Beschäftigung der Bewohner und ihre historische Entwicklung. Die Formationsgruppe der Duriprata, Trockenwiesen (Rasensteppen) hat die Entwicklung von Hirtenvölkern hervorgerufen. Diese Vegetation eignet sich am besten zum Beweiden, es kann eine reiche pflanzenfressende Tierwelt gedeihen, die sich der Mensch zunutze macht. An die Pflanzengesellschaft der Wälder knüpft sich ein ganz anderer Kulturkreis, der des Waldsiedlers. Die Einzelsiedelung, Hofsiedelung ist damit verbunden, sie beginnt mit Brandkultur, indem der Wald geschwendet werden musste, um mehr Nährland zu liefern. Wieder eine andere Kulturform und Geschichte ergeben die Völker, die in Trockeneinöden, Deserta (Halbwüsten, Wüsten) leben, es sind die orientalischen Kulturformen von Ägypten, Babylon, wie auch die altamerikanischen der Azteken und Inka. Die Pflanzengesellschaften der Wüste bringen dem Menschen nicht von selber die nötige Nahrung, sie lassen sich aber durch Bewässerung in andere Pflanzengesellschaften, Kulturen, umwandeln, die dichte Bevölkerungen zu ernähren vermögen. Die grossen Vegetationstypen Schimpers, Wald, Grasflur, Wüste, bedingen also drei grosse Kreise menschlicher Entwicklung. Aber auch in vielen kleineren Gruppen von Pflanzengesellschaften lassen sich entsprechend

Ökonomie und Geschichte von Völkerschaften verfolgen, verwandte Modifikationen der Pflanzengesellschaften haben auch verwandte Modifikationen in der Beschäftigung der Bewohner hervorgebracht.

Der weitere Ausbau der Pflanzensoziologie wird noch ausgedehnten Nutzen für angewandte Wissenschaften ergeben, aber besonders noch schöne Resultate für die reine Erkenntnis der Natur.

Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte.

Von

FERDINAND RUDIO und CARL SCHRÖTER.

---

51. Die Eulerausgabe (Fortsetzung[1]).

Das Unternehmen der Eulerausgabe hat am Schlusse des Jahres 1919 einen schweren Verlust erlitten: Geheimrat PAUL STÄCKEL in Heidelberg, von Anfang an Mitglied des Redaktionskomitees, ist am 12. Dezember einem rasch verlaufenden tückischen Leiden erlegen. Eine eingehende Würdigung seiner hervorragenden wissenschaftlichen Verdienste, zumal auch um die Eulerausgabe, wird in einer besonderen Publikation niedergelegt werden, die sich in Vorbereitung befindet.

Gemeinsam mit RUDIO hatte STÄCKEL die Herausgabe des Eulerbandes I_6, Algebraische Abhandlungen, unternommen, von dem schon in den letzten Berichten die Rede war. Es war ihm aber leider nicht beschieden, die Drucklegung seines Anteils zu Ende zu führen. Wenn trotzdem der Druck noch in diesem Jahre hat zum Abschluss gebracht werden können, so ist dies vor allem A. KRAZER zu verdanken, der mit freundlicher Bereitwilligkeit für den verstorbenen Kollegen eintrat.

Unter Mitwirkung von A. GUTZMER haben KRAZER und RUDIO sodann auch die Drucklegung des Band I_{18} zu Ende geführt, die durch die Kriegsverhältnisse und den inzwischen erfolgten Tod des Mitherausgebers A. LIAPOUNOFF in St. Petersburg unliebsam verzögert worden war.

Im ganzen sind nun 16 Bände der Eulerausgabe fertig. Im Satz befinden sich überdies die Bände II_{14}, Ballistische Arbeiten, herausgegeben von F. R. SCHERRER, und I_8, EULERS klassisches Werk *Introductio in analysin infinitorum*, herausgegeben von A. KRAZER und F. RUDIO.

---

[1]) Siehe die Notizen 49 (1919), 47 (1918), 45 (1917), 43 (1916), 41 (1915), 38 (1914), 36 (1913), 34 (1912), 32 (1911), 29 (1910), 26 (1909), 24 (1908), 22 (1907).

52. Nekrologe.

Gustav Huguenin (1840—1920, Mitglied der Gesellschaft seit 1878).

Herr Prof. Dr. Gustav Huguenin[1]) wurde 1840 in Krauchtal, Kanton Bern, als Sohn des dortigen Arztes, eines Abkömmlings einer in die Schweiz eingewanderten Hugenottenfamilie, geboren. Er besuchte die Mittelschule in Winterthur, studierte Naturwissenschaft und Medizin in Zürich, Prag und Wien. Er hatte, wie er sein ganzes Leben betonte, das Glück, ausserordentlich bedeutende Männer als seine Lehrer zu haben, in Zürich Griesinger, Biermer, Gudden, Billroth, Rindfleisch. Schon als Student, dann als Arzt, dann als Privatdozent war er zur Zeit des Hochstandes der Wiener medizinischen Fakultät mehrere Male längere Zeit in Wien (Nerven- und Geisteskrankheiten: Meynert, Benedikt; Innere Krankheiten: Oppolzer u. a.). 1867 habilitierte er sich in Zürich, wurde 1871 als Nachfolger von Prof. Gudden zum Direktor der Irrenheilanstalt Burghölzli und zum Professor für Psychiatrie gewählt. Jener Zeit entstammt ein erster Band einer Anatomie des Nervensystems mit der typischen Eigenart der Huguenininschen zusammenfassenden Darstellung. Von 1874—1883 war er Direktor der medizinischen Klinik des Kantonsspitals und Professor für innere Medizin. Eine grosse Zahl von Schülern erinnert sich mit Dankbarkeit an den lebhaften, ausserordentlich vielseitigen, die Tatsachen scharf, gründlich beurteilenden klinischen Lehrer, durch dessen Darstellung auch die einfachsten Krankheitsbilder die Vielseitigkeit der Erscheinungen, die Schwankungen, die grosse Zahl der Beziehungen offenbarten. Das Hauptwerk der ersten Jahre innerer Klinik war der zweite Teil des 11. Bandes des bekannten Ziemssenschen Handbuches der Pathologie und Therapie (Band XI, 1, 1878), die 700 Seiten umfassende Darstellung der Meningitis und Encephalitis und des Gehirnœdems, eine heute noch sehr anregende Arbeit mit einer äusserst umfassenden Literatur. Eine Reihe Dissertationen sind unter seiner Leitung entstanden, die meistens das stark persönliche Gepräge Huguenins und seine umfassende Art zu denken zeigen. In mezzo del camin' traf ihn eine sehr schwere tuberkulöse Erkrankung — zirka 1880. Die ersten Tuberkelbazillen, die er im Mikroskop sah, waren unmittelbar nach der Entdeckung Kochs — seine eigenen. Bis 1885 hat er der Krankheit leben müssen. Die Krankheit wurde für ihn schon 1883 der Grund, von der Professur zurückzutreten. Eine grosse Zahl angefangener Arbeiten wurden nicht vollendet, weil die Gelegenheit zur klinischen Beobachtung, die Anregung im Verkehr mit Studierenden und Assistenten, die er hoch schätzte, naturgemäss fehlten. Huguenin hatte sich aber schon als klinischer Lehrer sehr viel mit der Tuberkulose beschäftigt. (Erste Beobachtungen über Einbruch von

---

[1]) Mit gütiger Erlaubnis des Verfassers abgedruckt aus dem Jahresbericht der Universität Zürich 1919/20.

tuberkulösem Material aus Drüsen in Gefässe, Tuberkulöse Meningitis, Miliartuberkulose usw). Die eigene Krankheit hat ihn dann, wie seine Bibliothek und Notizen heute noch zeigen, veranlasst, die gesamte Geschichte der Tuberkulose als Lebensaufgabe zu verfolgen und seine Erfahrungen durch Beratung von Kranken nutzbar zu machen. Im Sommer war er von 1886—1902 in dem bekannten Lungenkurort Bad Weissenburg im Simmental, im Winter fast regelmässig zuerst in Algier, Korsika, in den späteren Jahren an der Riviera als sehr gesuchter Consilarius, der aus allen Schichten und fast aus allen Völkern der Erde Klienten hatte. Er hat sich so eine Erfahrung in der Prognosestellung der Tuberkulose bei den verschieden gearteten Menschen und bei den verschiedenen Rassen gemacht, wie sie wohl niemand von den Lebenden haben kann. Eine ganz grosse Zahl von Kollegen haben seine ärztliche Hilfe für sich und ihre Familien in Anspruch genommen bis zu dem letzten Lebenstage Huguenins. In 25 Arbeiten hat er von 1890—1910 einen leider nur geringen Teil seiner speziellen Erfahrungen über Tuberkulose publiziert. Die grosse angeregte Arbeit über Heredität, Tuberkulose und Ehe ist leider ein Torso, ein ungeheures Material liegt vor. Huguenin selber ist wegen der Grösse des Materials, und da ihm manches in den letzten Jahren nicht zugänglich war, an der Fertigstellung der Arbeit verzweifelt. Huguenin war zweifellos ein grosser Arzt, dessen Bedeutung nur die Summe der einzelnen Patienten schätzen kann. Seine Arbeit war von Drittpersonen, die nicht medizinisch mit ihm zu tun hatten, nicht zu taxieren. Er war von einer ungeheuren Anpassungsfähigkeit an die einzelnen Patienten, an die Möglichkeiten, die vorlagen, er war ein Meister die Lungenkranken wieder ins Leben einzuführen und die Risiken, die die Geheilten oder in Heilung befindlichen gehen, zu vermeiden.

Ein fast unbekanntes Kenntnisgebiet, das aber die Kollegen interessieren wird, weil mit Huguenin ein ganz selten umfassender Arzt aus dem Leben geschieden ist, ist neben seiner Vielseitigkeit und seinem ungeheuren Wissen auf andern Gebieten ein Wissen von ganz erstaunlicher Sicherheit speziell auf dem Gebiet der vergleichenden Anatomie, Paläontologie der Insekten, speziell Nervensystem der Insekten, Lebensgewohnheiten, Aufenthaltsbedingungen der Insekten, kurz eine umfassende besondere Art Biologie, von der er mir öfters sagte, dass ihm dieses Gebiet des biologischen Denkens auch für die Medizin ständig von grosser Bedeutung gewesen sei. Huguenin hat ferner in einem für mich erstaunlichen Mass die gesamten physikalischen, chemischen und technischen Entdeckungen seines langen Lebens mit grosser Gründlichkeit in den Originalwerken studiert. Erst die vielen Notizen, Zeichnungen, Schemata, die sich in seinem Nachlass fanden, gaben ein Bild dieses reichen Wissens. Von allen den vielen Kenntnissen vernahm man nur ganz zufällig und erstaunte, da wo man kontrollieren konnte, über die Schnelligkeit und Sicherheit des Schlusses. Seine Hauptgenugtuung blieb bis zum letzten Lebenstag die Beratung von Kranken. In einer tiefen Abendhelligkeit überblickte er sein Leben und konstatierte, dass er trotz schwerer Schicksalsschläge ein unendlich reiches Leben habe leben dürfen und dass Helfenkönnen das dauerndste Glück sei.

H. Zangger.

Arthur Tröndle (1881—1920, Mitglied der Gesellschaft seit 1915).

Die Grippe-Epidemie hat von der Zürcher Universität ein schmerzliches Opfer gefordert. Durch den jähen Hinschied von Dr. Arthur Tröndle hat diese einen hochbegabten Dozenten verloren, der während seiner erst achtsemestrigen Tätigkeit an unserer Universität sich rasch einen Platz in der vordersten Reihe der jüngern Lehrkräfte erworben hat und durch seine Forschungen auch im wissenschaftlichen Auslande zu hohem Ansehen gekommen ist.[1])

Arthur Tröndle, geboren 1881 zu Möhlin (Aargau), war nach Wesen und Begabung zum Gelehrten und akademischen Lehrer bestimmt. Sein wissenschaftliches Rüstzeug holte er sich in fünfjährigem intensivem Studium an den Universitäten Genf, Freiburg i. Br. und Basel. Mühlberg am Gymnasium zu Aarau, Chodat in Genf und Fischer in Basel sind die Namen der Männer, welche von grösstem Einfluss auf die Richtung seiner wissenschaftlichen Entwicklung geworden sind. Er promovierte 1906 mit einer in den botanischen Instituten von Freiburg und Basel durchgeführten vorzüglichen Arbeit über die Kopulation und Keimung von Spirogyra. Von 1905 bis 1909 wirkte er in Basel unter Alfred Fischer als Assistent, siedelte im Frühjahr 1911, einem Rufe seines frühern Lehrers F. Oltmanns folgend, wieder nach Freiburg über, um im dortigen botanischen Institut als erster Assistent und Privatdozent tätig zu sein.

In Basel schon hatte Tröndle, noch vor dem Abschluss seiner erfolgreichen morphologisch-zytologischen Erstlingsarbeiten, deren Ergebnisse zum Teil den Inhalt seiner Freiburger Habilitationsschrift bilden, mehrere Untersuchungen auf dem Gebiete der allgemeinen Physiologie durchgeführt, zu der es ihn vor allem hinzog. Sie galten den diosmotischen Eigenschaften der Pflanzenzelle und dem Studium der für den Zellstoffwechsel so wichtigen Durchlässigkeit der Plasmahäute. In Freiburg entstanden in rascher Folge weitere Arbeiten, mit denen es Tröndle gelang, tief in die feinern Vorgänge der geotropischen Reizebewegungen einzudringen. Auf diesen beiden Gebieten der Pflanzenphysiologie, denen sein Denken und Forschen bis zur letzten Arbeitsstunde galt, hat er schon mit den Basler und Freiburger Arbeiten anerkannt Bedeutendes geleistet. Er gehörte zu den tüchtigsten Anwärtern auf akademische Lehrstühle, und sein Name war schon vor 1914 zweimal in den offiziellen Dreiervorschlägen von Fakultäten für die Besetzung von Extraordinariaten deutscher Hochschulen enthalten. Eine erfolgreiche Laufbahn als Hochschullehrer schien ihm gesichert. Da wies der Weltkrieg auch seinem Lebensgange eine neue Bahn.

In den ersten Augusttagen 1914 kehrte Arthur Tröndle zur Erfüllung vaterländischer Pflichten in die Schweiz zurück. Um seiner Dienstpflicht jederzeit genügen zu können, verzichtete er auf die Rückkehr in seine frühere Stellung und habilitierte sich 1915 an der Zürcher Universität, wo er in dem neuen Institut für allgemeine Botanik eine

---

[1]) Mit gütiger Erlaubnis von Verfasser und Redaktion abgedruckt aus Nr. 359 der «Neuen Zürcher Zeitung» vom 6. März 1920.

seinen Neigungen entsprechende Lehr- und Forschertätigkeit entfalten konnte. In den Zürcher Wirkungskreis hat sich Tröndle rasch eingelebt. Im Institut hat er sich mit Eifer und grossem Geschick an der Leitung von Kursen beteiligt. Den vorgerückteren Studierenden der Biologie, denen sich meistens auch Assistenten und Dozenten zugesellten, hat er jedes Semester mindestens eine neue, sorgfältig vorbereitete und in alter und neuer Literatur gleich gründlich dokumentierte Vorlesung geboten und derart im Verlaufe von acht Semestern alle wichtigern Kapitel der Pflanzenphysiologie in tiefgründiger, anregendster Weise behandelt. Die Serie seiner seit 1915 in der Schweiz erschienenen Publikationen hat er mit einer grundlegenden Abhandlung über die geotropische Reaktionszeit und über die Anwendung variationsstatistischer Methoden in der Reizphysiologie eröffnet, die als stattliches Heft in den Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft erschien. Die Vierteljahrsschrift der Zürcherischen Naturforschenden Gesellschaft, die Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft und andere wissenschaftliche Zeitschriften haben seither Jahr für Jahr weitere Früchte der eifrigen und zielbewussten Arbeit Tröndles bekannt gemacht. Zwei schöne Untersuchungen harren seit Wochen der Publikation. Vieles bleibt unvollendet zurück: ganze Stösse von Beobachtungsprotokollen und Literaturauszügen sind unausgeschöpft, zahllose Erfahrungen gehen verloren, manch schöner Zukunftsplan ist zerschellt.

Es geht nicht wohl an, Tröndles wissenschaftliches Werk an dieser Stelle im einzelnen zu würdigen. Ein scharfer Blick und ein sicheres Gefühl für die Unvollständigkeit unserer wissenschaftlichen Erkenntnis waren ihm eigen, leiteten ihn in der Wahl seiner Probleme und führten ihn zu neuer, klarer Fragestellung. Mit grossem Geschick, peinlicher Sorgfalt, äusserster Gewissenhaftigkeit und mit unerschütterlicher Geduld trat er an die sich selber gestellten Aufgaben heran, nicht rastend, bis sie ihm gelöst schienen. Dieselbe Sorgfalt wandte er auch der Redaktion seiner Publikationen zu. Jede seiner 16 grössern Arbeiten zeichnet sich in hohem Masse aus durch übersichtliche Disposition, einfachen klaren Stil, absolute Beherrschung der Literatur, Sachlichkeit in der Diskussion, knappe Zusammenfassung und vorsichtige Wertung der Resultate.

Leichtigkeit und Prägnanz des Ausdrucks, Klarheit und Übersichtlichkeit in der Darlegung von Problemen und Gedankengängen zeichneten auch seinen Vortrag aus. Die Gabe freier und formschöner Rede war ihm in nicht gewöhnlichem Masse geschenkt. Seine Antrittsvorlesung an unserer Universität, die Vorträge und Mitteilungen in den wissenschaftlichen Gesellschaften, seine populär-wissenschaftlichen Vorträge, für die er sich gern gewinnen liess, die Volkshochschulvorträge, die er noch in den letzten Wochen gehalten hat, haben ihn auch ausserhalb der engern Fachkreise als bedeutenden Dozenten bekannt gemacht.

Ausgesprochene Begabung, unbestrittener Erfolg in Forschung und Lehrtätigkeit, seine ganze Persönlichkeit, der ein weises Masshalten mit den Kräften des eigenen zarten Körpers schon früh den Stempel innerer Reife und abgeklärter Geistigkeit verliehen hatte, stellten Tröndle den besten unserer akademischen Lehrer zur Seite. Als ein freier Gelehrter, als Privatdozent hat er die letzten Jahre unter uns gewirkt. Von

der Ungunst der Zeit- und Lebensverhältnisse ist auch er hart betroffen worden. Still und mutig hat er die Sorge des Alltags beiseite geschoben, wenn es der Wissenschaft galt. Seine Begeisterung für die Wissenschaft, seine Fähigkeit zur völligen Hingabe an ihre Aufgaben und Ziele und sein Glaube an die Zukunft blieben unerschüttert.

Einem weiten Wirkungskreis vorzustehen war Arthur Tröndle berufen, und nun hat er vor der Auswirkung und völligen Entfaltung seiner Kräfte und Talente in seinem 39. Altersjahre von uns scheiden müssen. Eine weite Lücke lässt er in unserm Kreise zurück. Die schweizerische Naturforschung verliert mit ihm einen der fähigsten und erfolgreichsten Forscher auf dem Gebiete der Botanik, unsere Universät einen hochgebildeten und anregenden Lehrer. Ein stilles von vornehmem freiem Geist beseeltes Gelehrtenleben, ein uneigennütziges und von hohem Pflichtgefühl getragenes Wirken im Dienste der Wissenschaft hat einen viel zu frühen, jähen Abschluss gefunden. Alfred Ernst.

Adolf Steiger (1862—1920, Mitglied der Gesellschaft seit 1905).

Zürich hat Samstag den 13. März einen einfachen Augenarzt zu Grabe geleitet, der im künstlerischen wie im gesanglichen Leben dieser Stadt eine grosse Rolle spielte, der allgemein hochgeschätzt war, ebensosehr wegen seiner ärztlichen Tüchtigkeit wie wegen seiner hervorragenden Bürgertugenden.[1]) Nur ein verschwindend kleiner Teil der Zürcher Bevölkerung kannte aber die wissenschaftliche Bedeutung dieses Mannes, das hohe Ansehen, das er auf seine Kollegen auszuüben vermochte und tatsächlich auch ausübte. Es sei mir daher gestattet, in den folgenden Zeilen gerade auf den wissenschaftlichen Wert des Verstorbenen etwas eingehender hinzuweisen.

Dr. Steiger hatte seine augenärztliche Ausbildung an der Berner Universitäts-Augenklinik unter der vorzüglichen Leitung des leider so früh verstorbenen Prof. Pflüger erhalten. Schon als junger Assistenzarzt fiel er allgemein auf durch seinen ungewöhnlich scharfen, kritischen Verstand, durch seinen ausgesprochenen Sinn für Mathematik sowie durch die Exaktheit und Gewissenhaftigkeit all seiner wissenschaftlichen Untersuchungen, besonders aber durch seine schon an der Berner Augenklinik verfassten wissenschaftlichen Arbeiten. Seine erste wissenschaftliche Publikation, seine Doktordissertation, die den Titel trug: «Einheitliche Sehproben zur Untersuchung der Sehschärfe in der Ferne und in der Nähe» (1892), war etwas ganz Bedeutendes. Sie bildet das Fundament, auf dem sich die modernen Sehproben, die im Laufe der zwei letzten Dezennien die seinerzeit hochangesehenen Snellenschen Proben immer mehr verdrängten, aufbauen konnten. Steiger hat in dieser Erstlingsarbeit auf das entschiedenste darauf hingewiesen, dass Buchstaben-Lettern-proben aus den verschiedensten Gründen nicht geeignet seien zur exakten Sehschärfebestimmung: dass zu diesem Zweck nur gleichartige Zeichen Verwendung finden dürften. Er hat bei seinen neuen Proben daher aus-

---

[1]) Mit gütiger Erlaubnis von Verfasser und Redaktion abgedruckt aus Nr. 472 u. 480 der «Neuen Zürcher Zeitung» vom 21. u. 22. März 1920.

schliesslich die einfachen zweiarmigen Hacken verwandt. Ferner hat er bei seinen neuen Proben das Dezimalsystem an Stelle des alten Systems der gemeinen Brüche gesetzt und Typen bis zu so geringer Grösse konstruiert, dass man mit denselben auch Sehschärfen zu bestimmen vermöchte, die grösser sind als die normale. Schliesslich, und das ist ein Hauptverdienst seiner neuen Sehproben, hat er seine Ferneproben auf photographischem Wege, in exakt berechneter Art so verkleinert, dass mit ihnen auch in jeder Nahedistanz die Sehschärfe wissenschaftlich exakt (was bisher unmöglich war) bestimmt werden konnte.

Während Dr. Steiger an der Berner Augenklinik Assistenzarzt war, begann man nach dem Vorgange von Fukala die hohe Kurzsichtigkeit durch Extraktion der Linse zu operieren. Den ersten Operateuren der hohen Kurzsichtigkeit war es lange Zeit völlig rätselhaft, wieso bei Altersstarpatienten die Linse nur einen Brechwert von 10 bis 11 Dioptrien aufweist, während sie bei den hochgradig kurzsichtigen Augen scheinbar einen solchen von wenigstens 18 D. besitzt, da nur eine Kurzsichtigkeit von wenigstens 18,0 D. durch die Entfernung der Linse zur Normalsichtigkeit, zur Emmetropie, korrigiert werden konnte. Noch als junger Assistent hat Dr. Steiger dieses Rätsel restlos gelöst und durch scharfsinnige Berechnungen, deren Resultate er in Kurvenform darstellte, gezeigt, dass der Linse nur scheinbar bei Altersstar und hoher Kurzsichtigkeit eine verschiedene Stärke zukommt. (Bericht über die 22. Versammlung der Ophthalmologen-Gesellschaft Heidelberg 1892, S. 121. «Die operative Beseitigung der durchsichtigen Linse» von Prof. E. Pflüger. Bergmann, Wiesbaden 1900, S. 9.)

Gleichfalls noch während seiner Assistentenzeit an der Berner Augenklinik wusste sich Dr. Steiger die Gelegenheit zu verschaffen, etwa 5000 Augen von Individuen jeglichen Alters, besonders aber von Schülern der Berner Stadtschulen, auf das eingehendste, vor allem mit dem damals noch wenig bekannten und noch weniger geschätzten, heutzutage aber geradezu unentbehrlichen Javalschen Ophthalmometer zu untersuchen. Der Javalsche Ophthalmometer ist ein genial konstruiertes Instrument, mit dem man die Krümmung der Hornhaut in den verschiedensten Meridanen zu messen vermag, das uns daher in ungeahnter Weise gestattet, rasch und exakt den Astigmatismus des menschlichen Auges, d. h. jenen optischen Fehler zu bestimmen, der darin besteht, dass die Hornhaut nicht kugelförmige Wölbung besitzt, sondern in den einzelnen Meridianen verschieden starke Krümmung und Brechkraft aufweist. Die Resultate dieser mehrjährigen Untersuchungen und Astigmatismusforschungen hat Steiger in einem Buche mit dem Titel: «Beiträge zur Physiologie und Pathologie der Hornhautrefraktion» niedergelegt. Es erschien im Druck erst, als Steiger bereits die Berner Augenklinik verlassen und sich als Augenarzt in Zürich niedergelassen hatte (1895 bei J. F. Bergmann, Wiesbaden).

Ein so gewaltiges Material war bisher noch niemals einheitlich von so kompetenter Seite untersucht und konsequent allseitig durchforscht worden; daher dürfen auch die aus diesen Untersuchungen gewonnenen wertvollen Resultate einen begründeten Anspruch auf objektive Richtigkeit erheben. Das Steigersche Buch über den Astigmatismus ist neben

den «Mémoires d'ophtalmométrie» von Javal das wichtigste Werk über den Astigmatismus des menschlichen Auges geworden, und es ist undenkbar, dass die wissenschaftliche Forschung es jemals missachten könnte. Es hat uns eine grosse Zahl ganz neuer Kenntnisse übermittelt. Wir erfuhren aus ihm, dass die Brechkraft der menschlichen Hornhaut nicht bei allen Augen die gleiche ist, sondern dass sie wenigstens in der Jugend ganz den Charakter eines biologischen Merkmals mit binominaler Kurve besitzt. Die Brechkraft schwankt innerhalb weiter Grenzen; die Mehrzahl der Augen besitzt eine Hornhautbrechkraft von 42—43 D. Wir lernen aus dem Steigerschen Buche ferner, dass weitaus die Mehrzahl der menschlichen Augen (85 Prozent) nicht eine völlig sphärisch gekrümmte Hornhaut aufweist, sondern einen Astigmatismus rectus von etwa 0,5—0,75 D. besitzt. Wir erfahren, dass die männliche Hornhaut im allgemeinen flacher gekrümmt ist als die weibliche, und dass auch der Astigmatismus beim weiblichen Geschlechte häufiger und in höherem Grade vorkommt als beim männlichen, ferner, dass die menschliche Hornhaut sich in bestimmten Lebensperioden, besonders im Alter, im senkrechten Meridian abflacht, somit der Astigmatismus sich ändert usw. Schliesslich weist Steiger in seinem Astigmatismuswerk bereits sehr deutlich an Hand vieler Fälle und der Untersuchung bei ganzen Familien in mehreren Generationen auf die Tatsache hin, dass die Heredität bei der Entstehung des Astigmatismus eine sehr wichtige Rolle spielt. Der Astigmatismus des Vaters wie der Mutter kann sich auf Knaben wie auf Mädchen vererben.

Als in Zürich die früher nur in dem alten Stadtteil ausgeführten Augenuntersuchungen der Schulkinder auf die ganze neue Stadt ausgedehnt werden sollten, wurde Dr. Steiger diese Arbeit von der Zentralschulpflege im Jahre 1894 übertragen. Kaum hätte Zürich eine geeignetere und zu diesem Amte besser vorgebildete Kraft finden können. Dr. Steiger hat in geradezu vorbildlicher Weise die städtischen Augenuntersuchungen organisiert, ausgebildet und fast zwei Dezennien lang durchgeführt. Diese Untersuchungen, die eigentlich nur hygienische Zwecke verfolgten und der Zürcher Schuljugend jedenfalls zur grössten Wohltat und zum Segen gereichten, lieferten aber gleichzeitig dem Leiter derselben ein einzigartiges, gewaltiges wissenschaftliches Material, das er im Laufe seines Lebens nach der mannigfachsten Richtung hin verarbeitete. Aus ihm gewann er zahlreiche wertvolle Kenntnisse über die Häufigkeit der einzelnen optischen Fehler bei den Schulkindern, über ihren Einfluss auf die Sehschärfe, über ihre Variabilität, über die Beziehungen von Astigmatismus oder Hornhautflecken zu Kurzsichtigkeit, über den Einfluss der Heredität auf die Refraktion des menschlichen Auges usw. Ganz besonders auffällig war die von Dr. Steiger an Hand seines grossen Materials gemachte Entdeckung, die der Verfasser dieser Zeilen bei seinen später in Basel angestellten Schuluntersuchungen bestätigen konnte, dass etwa 20—22 Prozent der in die Schule eintretenden Kinder eine ungenügende Sehschärfe besitzen, und dass die Ursache dieser Sehverminderung an erster Stelle (50 Prozent) ein pathologischer Hornhautastigmatismus sei. Die Kurzsichtigkeit spielt zur Zeit des Eintrittes der Kinder in die Schule noch keine wesentliche Rolle. Ferner ersah man aus diesen Untersuchungen viel klarer und eindringlicher, in welcher

Art und Weise der pathologische Astigmatismus die Sehschärfe des menschlichen Auges, speziell der Kinder vermindert. Steigt einmal der Astigmatismus, d. h. die Differenz der Brechkraft in den zwei Hauptmeridianen der Hornhaut über 2 Dioptrien, dann sinkt die Sehschärfe fast regelmässig unter die Hälfte des Normalen usw. Gleich wertvoll wie diese mannigfachen wissenschaftlichen Befunde, die Steiger aus den Resultaten seiner Schüleruntersuchungen herausgrub, muss der hygienische Nutzen dieser Untersuchungen eingeschätzt werden. Zahlreiche Eltern erfuhren erst durch diese systematischen Augenuntersuchungen beim Schuleintritt, dass die Augen ihrer Kinder mangelhafte Sehkraft besässen, dass sie also ganz ungenügend ausgerüstet seien für die Anstrengungen, welche die Schule von den Augen der Kinder zum Zwecke der Erlangung des nötigen Wissens und der nötigen Bildung verlangt. Zahlreiche Schüler wurden so im Laufe der Jahre bewahrt vor Überanstrengung und dem ganzen Heere der hieraus resultierenden nervösen Beschwerden, aber auch vor irriger, ungerechter Beurteilung und Bestrafung von seiten der Lehrerschaft, da auf Grund der Steigerschen Untersuchungen die Lehrer auf die sehuntüchtigen Kinder aufmerksam gemacht wurden.

Die Fülle der Anregungen, die Steiger aus der Durchforschung seines Schulmaterials gewann, führte ihn immer tiefer in das schwierige und oft noch sehr dunkle Gebiet der Refraktionen. Die zahlreichen neu errungenen Kenntnisse legte er in verschiedenen Einzelpublikationen nieder, von denen ich nur kurz die wichtigsten nennen möchte. «Die Ätiologie und Variabilität des Hornhautastigmatismus, 1900», «Untersuchungen über Sehschärfe und Treffsicherheit, 1900», «Sehschärfe und Astigmatismus, 1902», Über die Verwendbarkeit von Hornhautmassen zur Identifizierung von Verbrechern, 1907». Mit der Arbeit: «Studien über die erblichen Verhältnisse der Hornhautkrümmung, 1906», beginnt Steiger sich eingehender mit den Vererbungsfragen zu beschäftigen und die Lehre der Vererbung allmählich auch in Zusammenhang mit dem Refraktionsproblem zu bringen. Von dieser neuen Richtung der Steigerschen Studien legen folgende Arbeiten ein beredtes Zeugnis ab: «Entwicklungsphysiologische Gedanken zur Frage der Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit, 1907», «Gedanken über die verschiedenen Formen der Kurzsichtigkeit, die Myopie als biologische Frage, 1908» und «Über die Bedeutung der Augenuntersuchungen für die Vererbungsforschung, 1908».

Dem grosszügigen, immer mehr in die Tiefe dringenden und den letzten Ursachen nachspürenden Geiste Steigers genügte es, wie man das in den zuletzt genannten Arbeiten genau beobachten und verfolgen konnte, nicht mehr, Einzelkenntnisse auf dem Gebiete der optischen Augenfehler zu erringen. Steiger hatte vielmehr allmählich den Plan gefasst, das ganze gewaltige Problem der Entstehungsursache sowohl der sogenannten normalen als der anormalen Refraktion des menschlichen Auges zu erfassen und zur Darstellung zu bringen, eine Riesenarbeit, die jeder bewundern wird, der die Fülle des Materials und die Schwierigkeiten bei der Behandlung desselben kennt. Oft ist der Verstorbene, wie er mir einst gestand, mitten in seiner Arbeit ermüdet stehen geblieben und hatte bisweilen selbst Lust, ob der ungeheuren Schwierigkeiten, die sich ihm von allen Seiten entgegenstellten, von seinem hohen Plane ganz abzu-

stehen. Immer wieder hat er sich jedoch aufgerafft, um sein Ziel weiter zu verfolgen. Zwei Momente gaben ihm hiezu stets wieder die nötige Kraft. An erster Stelle war es die Liebe zur Wissenschaft, dann aber auch der Wunsch, erzieherisch auf seine Kinder einzuwirken. Diese sollten am Beispiele ihres eigenen Vaters lernen, dass man nicht so leicht durch entgegentretende Schwierigkeiten sich abbringen lassen darf, ein hohes, vorgesetztes, erstrebenswertes Ziel aufzugeben.

Im Jahre 1913 hatte Steiger seine Aufgabe erfüllt, sein mächtiges Werk: «Die Entstehung der sphärischen Refraktionen des menschlichen Auges» war vollendet. Mit dieser geistreichen und tiefstes Wissen bekundenden Monographie über die Entstehung der Refraktionen hat Steiger die Krönung seiner bisherigen Forschungen und sein Meisterwerk geschaffen, das unvergänglichen Wert besitzt und uns die optischen Fehler des Auges in ihrer Entstehungsursache in einem völlig neuen Lichte erscheinen lässt. Ein menschliches Auge, das in der Ruhe für das deutliche Fernesehen eingerichtet ist, bei dem sich also die Netzhaut dort befindet, wo die brechenden Medien ein scharfes Bild der fernen Aussenwelt entwerfen, nennen wir ein optisch normales, emmetropes Auge. Augen, die im Verhältnis zu ihrer Brechkraft zu kurz sind, bei denen also die Netzhaut vor jener Stelle sich befindet, an welcher ein deutliches Bild der fernen Aussenwelt entworfen wird, nennen wir übersichtig. Kurzsichtig schliesslich heissen jene Augen, die im Verhältnis zu ihrer Brechkraft zu lang sind, indem die Netzhaut hinter jener Ebene sich findet, in der die ferne Aussenwelt sich scharf abbildet. Der Mensch hat ganz willkürlich die erste Klasse dieser Augen als «normal» bezeichnet, weil diese Form sich am passendsten erweist für die Erfordernisse des Lebens. Die zu kurzen, übersichtigen Augen hielt man bisher für Augen, die in ihrer Entwicklung zurückgeblieben waren, während man die kurzsichtigen Augen als pathologisch verlängert ansah.

Nach den Untersuchungen Cohns war man beinahe allgemein überzeugt, dass diese Ausdehnung der Augen, die als das charakteristische Merkmal der Kurzsichtigkeit galt, veranlasst sei durch die Anstrengung der Augen in der Schule. Die «Nahearbeit ist die Ursache der Kurzsichtigkeit», diese alte Irrlehre (wenigstens in dieser Fassung) ist ja allgemein bekannt. Tausende von Autoren waren bemüht, zu erklären, wieso die Nahearbeit zu einer Ausdehnung der Augenachse Veranlassung geben könne; aber alle die mannigfachen Hypothesen und Theorien, die von ihnen aufgestellt wurden, konnten das Rätsel nicht lösen. Die wissenschaftliche Forschung war hier in eine Sackgasse geraten, aus der sie den Ausweg nicht mehr fand. Steiger hat nun durch sein neues Werk diese Sackgasse gesprengt. Er hat der Forschung plötzlich ganz neue Bahnen gewiesen, indem er sie auf die Biologie aufmerksam machte und das ganze Problem der Kurzsichtigkeit wie der Refraktion überhaupt vom Standpunkte des Biologen aus bearbeitete. Die Refraktion des menschlichen Auges muss als biologisches Merkmal wie irgend ein anderes aufgefasst werden. Das hat Steiger vorerst auf das strikteste bewiesen. Ist diese Auffassung aber richtig, so ist es ganz unmöglich, dass wir als «normal» nur das sogenannte emmetrope Auge bezeichnen dürfen und die zu kurzen als in der Entwicklung zurückgeblieben und die zu langen als

pathologisch verlängert. Die Variabilität spielt nach Steiger auch bei den Refraktionen eine wichtige Rolle, und so werden rein normalerweise, ohne dass äussere Störungen dazutreten, lediglich unter dem Einflusse der Vererbung bald emmetrope Augen, bald im Verhältnis zu ihrer Brechkraft zu kurze oder zu lange Augen geschaffen. Ebensowenig, wie wir einen Menschen, der kleiner ist als der Durchschnittsmensch, als in seiner Entwicklung zurückgeblieben, und jenen, der grösser ist als der Durchschnittsmensch, als pathologisch vergrössert bezeichnen dürfen: ebensowenig dürfen wir Augen, die in mässigem Grade verhältnismässig zu kurz oder zu lang sind, als pathologisch verkleinert oder pathologisch ausgedehnt benennen. Alle diese Formen schafft, ganz unabhängig von dem Einflusse der Nahearbeit, die Natur in reicher Variabilität und grosser Streuungskurve. Ihr Wirken ist lediglich abhängig von Vererbungseinflüssen, die bereits in der Anlage, bei der Geburt eines Kindes vorhanden sind. Dies die neue Lehre Steigers. Ihre Stellung in der Ophthalmologie lässt sich in wenigen Worten am besten wie folgt charakterisieren:

Der berühmte Astronom und Physiker Keppler hat im Jahre 1611, nach jahrhundertelangen Irrungen, die erste richtige Definition der Kurzsichtigkeit gegeben. Donders von Utrecht, neben von Graefe und Snellen einer der bedeutendsten Ophthalmologen des verflossenen Jahrhunderts, arbeitete uns das klinische Bild der Kurzsichtigkeit aus. Steiger dagegen, das dürfen wir getrost sagen, hat uns die Grundlage für eine richtige Auffassung der Entstehungsursachen der optischen Fehler des Auges im allgemeinen, der Kurzsichtigkeit im speziellen, geschaffen.

Es ist ganz unmöglich, an dieser Stelle all die zahlreichen, so interessanten und wertvollen Details der Steigerschen Forschungen mit allen ihren Folgen für die Theorie und Praxis auch nur zu erwähnen. Als grosses Unglück für die augenärztliche Wissenschaft muss es aber angesehen werden, dass noch vieles, was Steiger uns zu geben im Begriffe war, nun vielleicht für lange Jahre uns vorenthalten bleiben wird.

Dr. Adolf Steiger, dieser ganz aussergewöhnliche Gelehrte von internationalem Rufe und von internationaler Bedeutung, war weder Professor noch Privatdozent. Leider wurde ihm seinerzeit die Habilitation an der Hochschule verunmöglicht. Diese tiefe Kränkung hat den jungen Forscher aber nicht von seinen weiteren Forschungen abgehalten. In stiller Zurückgezogenheit blieb er der Wissenschaft treu, in ihr allein Genugtung und Befriedigung findend. Jederzeit aber durfte Steiger mit seinem bedeutenden Wissen und seinen glänzenden wissenschaftlichen Arbeiten erhobenen Hauptes sich neben die hervorragendsten Fachvertreter stellen, gleichgültig, wie hoch deren Stellung und Titel auch waren. Die Werke Steigers hätten den Besten unter uns zur Zierde gereicht. Wenn in späterer Zeit einmal von den wirklich Grossen in der Augenheilkunde gesprochen werden wird, dann wird auch der Name Steiger genannt werden.

Prof. Dr. A. Siegrist.

Adolf Hurwitz (1859—1919, Mitglied der Gesellschaft seit 1892).

Den im letzten Jahrgange unserer Vierteljahrsschrift erschienenen Nekrologen möge als Ergänzung folgen:

Verzeichnis der Veröffentlichungen von Adolf Hurwitz.[1])

1. Über den Chasles'schen Satz $\alpha\mu + \beta\nu$. (Zusammen mit H. Schubert.) Götting. Nachr. 1876.
2. Über unendlich vieldeutige geometrische Aufgaben, insbesondere über die Schliessungsprobleme. Math. Annalen, Bd. 15. 1878.
3. Grundiagen einer independenten Theorie der elliptischen Modulfunktionen und Theorie der Multiplikatorgleichungen 1. Stufe. Inaugural-Dissertation, Leipzig 1881.
4. Zur Transformationstheorie der elliptischen Funktionen. Math. Annalen, Bd. 19.
5. Über die Anwendung der elliptischen Funktionen auf Probleme der Geometrie. Math. Annalen, Bd. 19.
6. Einige Eigenschaften der Dirichlet'schen Funktionen $F(s) = \Sigma\left(\frac{D}{n}\right)\cdot\frac{1}{n^s}$, die bei der Bestimmung der Klassenzahlen binärer quadratischer Formen auftreten. Zeitschr. f. Math. u. Phys.. Bd. 27.
7. Über eine Reihe neuer Funktionen, welche die absoluten Invarianten gewisser Gruppen ganzzahliger linearer Transformationen bilden. Math. Annalen, Bd. 20.
8. Beweis eines Satzes aus der Theorie der Raumkurven 3. Ordnung. Math. Annalen, Bd. 20.
9. Über die Perioden solcher eindeutiger $2n$-fach periodischer Funktionen, welche im Endlichen überall den Charakter rationaler Funktionen besitzen und reell sind für reelle Werte ihrer n Argumente. Crelle's Journal, Bd. 94.
10. Über arithmetische Eigenschaften gewisser transzendenter Funktionen. Math. Annalen, Bd. 22.
11. Über Tangentenkonstructionen. Math. Annalen, Bd. 22.
12. Zur Theorie der Modulargleichungen. Götting. Nachr. 1883.
13. Beweis des Satzes, dass eine einwertige Funktion beliebig vieler Variabeln, welche überall als Quotient zweier Potenzreihen dargestellt werden kann, eine rationale Funktion ihrer Argumente ist. Crelle's Journal, Bd. 95.
14. Über Relationen zwischen Klassenanzahlen binärer quadratischer Formen von negativer Determinante. Berichte d. Ges. d. Wiss. zu Leipzig 1884.
15. Sur le nombre de décompositions d'un entier en cinq carrés. (Lettre adressée à M. Hermite.) Comptes rendus 1884.
16. Über Relationen zwischen Klassenanzahlen binärer quadratischer Formen von negativer Determinante. Math. Annalen, Bd. 25.

---

[1]) Hurwitz hat über seine Veröffentlichungen stets genau Buch geführt und so stammt auch das vorliegende Verzeichnis ganz von seiner Hand. Mein Anteil daran beschränkt sich daher, von redaktionellen Änderungen abgesehen, im wesentlichen auf das Lesen der Korrektur.

F. Rudio.

17. Einige allgemeine Sätze über Raumkurven. Math. Annalen, Bd. 25. Mit einem Zusatze in Bd. 27.
18. Über die Klassenzahlrelationen und Modularkorrespondenzen primzahliger Stufe. Berichte d. Ges. d. Wiss. zu Leipzig 1885.
19. Über einige besondere homogene lineare Differentialgleichungen. Math. Annalen, Bd. 26.
20. Über die Anzahl der Klassen quadratischer Formen von negativer Determinante. Crelle's Journal, Bd. 99.
21. Über algebraische Korrespondenzen und das verallgemeinerte Korrespondenzprinzip. Berichte d. Ges. d. Wiss. zu Leipzig 1886. Wieder abgedruckt Math. Annalen, Bd. 28.
22. Über endliche Gruppen linearer Substitutionen, welche in der Theorie der elliptischen Transzendenten auftreten. Math. Annalen, Bd. 27.
23. Über diejenigen algebraischen Gebilde. welche eindeutige Transformationen in sich zulassen. Götting. Nachr. 1887.
24. Über eine besondere Raumkurve 3. Ordnung. Math. Annalen, Bd. 30.
25. Über die Entwicklung complexer Grössen in Kettenbrüche. Acta Math., Bd. 11.
26. Über arithmetische Eigenschaften gewisser transzendenter Funktionen. Math. Annalen, Bd. 32.
27. Über die Nullstellen der Bessel'schen Funktion. Math. Annalen, Bd. 33.
28. Über die Differentialgleichungen dritter Ordnung, welchen die Formen mit linearen Transformationen in sich genügen. Math. Annalen, Bd. 33.
29. Über eine besondere Art der Kettenbruch-Entwicklung reeller Grössen. Acta Math., Bd. 12.
30. Sur le développement des fonctions satisfaisant à une équation différentielle algébrique. Annales de l'Ecole Norm., t. VI.
31. Über die Wurzeln einiger transzendenter Gleichungen. Festschrift d. Math. Ges. in Hamburg 1890.
32. Über einige Verallgemeinerungen der Leibniz'schen Differentiationsformel und des polynomischen Lehrsatzes. Zeitschr. f. Math. u. Phys., Bd. 35.
33. Über die Schröter'sche Konstruktion der ebenen Kurven 3. Ordnung. Crelle's Journal, Bd. 107.
34. Über beständig konvergierende Potenzreihen mit rationalen Zahlenkoeffizienten und vorgeschriebenen Nullstellen. Acta Math., Bd. 14.
35. Über die diophantischen Gleichungen vom Geschlecht Null. Acta Math., Bd. 14. (Zusammen mit D. Hilbert.)
36. Über die Nullstellen der hypergeometrischen Reihe. Götting. Nachr. 1890. Math. Annalen. Bd. 38.
37. Über den Vergleich des arithmetischen und des geometrischen Mittels. Crelle's Journal, Bd. 108.
38. Über Riemann'sche Flächen mit gegebenen Verzweigungspunkten. Math. Annalen, Bd. 39.
39. Über die angenäherte Darstellung der Irrationalzahlen durch rationale Brüche. Math. Annalen, Bd. 39.
40. Über die Kettenbruch-Entwicklung der Zahl *e*. Phys.-ökonom. Ges. zu Königsberg 1891.
41. Zur Theorie der Abel'schen Funktionen. Götting. Nachr. 1892.

42. Über algebraische Gebilde mit eindeutigen Transformationen in sich. Math. Annalen, Bd. 41.
43. Beweis der Transzendenz der Zahl *e*. Götting. Nachr. 1893.
44. Über Riemann's Konvergenzkriterium. Math. Annalen, Bd. 44.
45. Über die angenäherte Darstellung der Zahlen durch rationale Brüche. Math. Annalen, Bd. 44.
46. Über die Reduktion der binären quadratischen Formen. Math. Annalen, Bd. 45.
47. Zur Invariantentheorie. Math. Annalen, Bd. 45.
48. Über die Theorie der Ideale. Götting. Nachr. 1894.
49. Über die Bedingungen, unter welchen eine Gleichung nur Wurzeln mit negativen reellen Teilen besitzt. Math. Annalen, Bd. 46.
50. Über einen Fundamentalsatz der arithmetischen Theorie der algebraischen Grössen. Götting. Nachr. 1895.
51. Über die Anzahl der Klassen binärer quadratischer Formen von negativer Determinante. Acta Math., Bd. 19.
52. Zur Theorie der algebraischen Zahlen. Götting. Nachr. 1895.
53. Die unimodularen Substitutionen in einem algebraischen Zahlenkörper Götting. Nachr. 1895.
54. Über die Reduktion der binären quadratischen Formen. Kongress zu Chicago 1896.
55. Über die Kettenbrüche, deren Teilnenner arithmetische Reihen bilden. Vierteljahrschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, Bd. 41 (Jubelband 1896).
56. Über die Zahlentheorie der Quaternionen. Götting. Nachr. 1896.
57. Über die Erzeugung der Invarianten durch Integration. Götting. Nachr. 1897.
58. Über lineare Formen mit ganzzahligen Variabeln. Götting. Nachr. 1897.
59. Über die Entwicklungskoeffizienten der lemniskatischen Funktionen. Götting. Nachr. 1897.
60. Sur l'intégrale finie d'une fonction entière. Acta Math., Bd. 20. Mit Zusatz in Bd. 22.
61. Über die Entwicklung der allgemeinen Theorie der analytischen Funktionen in neuerer Zeit. Verhandl. d. 1. intern. Math.-Kongr. in Zürich 1897, Leipzig 1898.
62. Über die Entwicklungskoeffizienten der lemniskatischen Funktionen. Math. Annalen, Bd. 51.
63. Über die Komposition der quadratischen Formen mit beliebig vielen Variabeln. Götting. Nachr. 1898.
64. Sur un théorème de M. Hadamard. Comptes rendus 1899.
65. Über die Anwendung eines funktionentheoretischen Prinzipes auf gewisse bestimmte Integrale. Math. Annalen, Bd. 53.
66. Sur le problème des isopérimètres. Comptes rendus 1901.
67. Über die Anzahl der Riemann'schen Flächen mit gegebenen Verzweigungspunkten. Math. Annalen, Bd. 55.
68. Sur les séries de Fourier. Comptes rendus 1901.
69. Sur quelques applications géométriques des séries de Fourier. Annales de l'Ecole Norm., t. XIX.
70. Über Abel's Verallgemeinerung der binomischen Formel. Acta Math., Bd. 26 (Abelband).

71. Über höhere Kongruenzen. Archiv d. Math. u. Phys., III. Reihe, Bd. 5.
72. Über die Fourier'schen Konstanten integrierbarer Funktionen. Math. Annalen, Bd. 57. Mit Zusatz in Bd. 59.
73. Über die Theorie der elliptischen Modulfunktionen. Math. Annalen, Bd. 58.
74. Über die Anwendung der elliptischen Modulfunktionen auf einen Satz der allgemeinen Funktionentheorie. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, Bd. 49.
75. Zur Theorie der automorphen Funktionen von beliebig vielen Variabeln. Math. Annalen, Bd. 61.
76. Über eine Darstellung der Klassenzahl binärer quadratischer Formen durch unendliche Reihen. Crelle's Journal, Bd. 129.
77. Über die imaginären Nullstellen der hypergeometrischen Funktion. Götting. Nachr. 1906.
78. Sur les points critiques des fonctions inverses. Comptes rendus 1906.
79. Sur les points critiques des fonctions inverses. (2me note.) Comptes rendues 1907.
80. Über eine Aufgabe der unbestimmten Analysis. Archiv d. Math. u. Phys., III. Reihe, Bd. 11.
81. Über die Nullstellen der hypergeometrischen Funktion. Math. Annalen. Bd. 64.
82. Über die Darstellung der ganzen Zahlen als Summen von n^{ten} Potenzen ganzer Zahlen. Math. Annalen, Bd. 65.
83. Über die diophantische Gleichung $x^3y + y^3z + z^3x = 0$. Math. Annalen, Bd. 65.
84. Über die Kongruenz $ax^e + by^e + cz^e \equiv 0 \pmod{p}$. Crelle's Journal, Bd. 136.
    Kleinere Beiträge im Interméd. des Math.: t. II, p. 295. 367/8. 383/4; t. III, p. 214; t. VII, p. 21; t. VIII, p. 128, 136, 169, 179, t. XIV, p. 107.
85. Über die Einführung der elementaren transzendenten Funktionen in der algebraischen Analysis. Math. Annalen, Bd. 70.
86. Über den Satz von Budan-Fourier. Math. Annalen, Bd. 71.
87. Über definite Polynome. Math. Annalen, Bd. 73.
88. Über die Trägheitsformen eines algebraischen Moduls. Annali di Mat., Ser. III, t. 20.
89. Über einen Satz des Herrn Kakeja. Tôhoku, Math. Journal. vol. 4.
90. Über die Weierstrass'sche σ-Funktion. Aus der Festschr. f. H. A. Schwarz, Berlin 1914.
91. Zwei Beweise eines von Herrn Fatou vermuteten Satzes. Acta Math., Bd. 30.
92. Über ternäre diophantische Gleichungen dritten Grades. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, Bd. 62.
93. Zu Grassmann's Note: «Lösung der Gleichung $x^3 + y^3 + z^3 + u^3 = 0$ in ganzen Zahlen». Jahresber. d. dtsch. Math.-Verein., Bd. 27.
94. Der Euklidische Divisionssatz in einem endlichen algebraischen Zahlkörper. Math. Zeitschr., Bd. 3.
95. Über die algebraische Darstellung der Normgebilde. Math. Annalen. Bd. 79.

In Buchform erschien:

96. Vorlesungen über die Zahlentheorie der Quaternionen. Berlin 1919. 74 S.

Zweiter Teil

Sitzungsberichte

Sitzungsberichte von 1920.

Protokoll der Sitzung vom 12. Januar 1920

abends 8 Uhr, auf der „Schmidstube".

Vorsitzender: Dr. E. Rübel. Anwesend 129 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der ausserordentlichen Hauptversammlung wird unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär genehmigt.
2. Die Gesellschaft hat seit der letzten Sitzung durch den Tod verloren:
   Herrn Prof. Dr. Anton Bühler in Tübingen, von 1882—1896 Professor der Forstwissenschaft am Eidg. Polytechnikum. Der Gesellschaft gehörte der Verstorbene von 1882—1913 als ordentliches Mitglied, seit 1914 als freies ausländisches Mitglied an.

   Die Anwesenden erheben sich zu seinen Ehren.
3. Am 29. Dezember 1919 vollendete Herr Professor Dr. Otto Stoll sein 70. Lebensjahr. Der Vorstand hat dem Jubilaren, der namentlich auf den Gebieten der Ethnologie, Linguistik und Zoologie hervorragend tätig war und zu den ältesten Mitgliedern der Gesellschaft (seit 1875) zählt, in einem Schreiben die Glückwünsche der Gesellschaft dargebracht.
4. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:

   Herr Professor Dr. Paul Clairmont, Direktor der chirurgischen Klinik der Universität Zürich, Kantstrasse, Zürich 7, eingeführt durch Herrn Dr. Rübel.

   Frau Hedwig Egli, Haldenbachstrasse 33, Zürich 6. eingeführt durch Herrn Professor Dr. Schröter.

   Herr Dr. med. Emil Looser, Privatdozent für Chirurgie, Utoquai 39, Zürich 8. eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schröter.

   Herr Alfred Rütschi, Theaterstrasse 12, Zürich 1, eingeführt durch Herrn Dr. M. Baumann-Naef.

   Herr Dr. med. Hans Rudolf Schinz, Leiter des Röntgen-Institutes am Kantonsspital Zürich, Seefeldstrasse 12, Zürich 8, eingeführt durch Herrn Dr. E. Rübel.

   Herr Gustav Wirth, Syndikus der Deutschen Handelskammer, Hochstrasse 13, Zürich 7, eingeführt durch Herrn Dr. ing. F. Heberlein.
5. Vortrag von Herrn Prof. Dr. Hermann Staudinger:

   Die drei Nobelpreisträger

   Adolf von Baeyer, Emil Fischer und Alfred Werner.

   Von den in den letzten Jahren verstorbenen Nobelpreisträgern Ramsay, Buchner, Baeyer, Fischer und Werner werden die drei letzten in dem Vortrag

besonders behandelt; Werner, weil er in Zürich an der Hochschule tätig war, Baeyer, weil ein Viktor Meyer, Bamberger, Willstätter, Kohlschütter und Rupe und andere Hochschullehrer der Schweiz Schüler Baeyers sind, oder mit der Schule Baeyers in nahem Zusammenhang stehen. Die drei Männer schliessen weiter gewissermassen eine Periode der Chemie ab, die bei Beginn des vorigen Jahrhunderts mit der Aufstellung der Dalton'schen Atomtheorie beginnt.

Als Baeyer 1856 seine Studien in Heidelberg begann, war das Hauptinteresse des Bunsenschen Laboratoriums, wie auch solcher an anderen deutschen Hochschulen, der anorganischen Chemie zugewandt. Eine Beschäftigung mit organischer Chemie bot damals wenig Verlockendes, da man über den Aufbau der einfachsten organischen Verbindungen noch gar nicht klar war — führte doch Kekulé in seinem Lehrbuch nicht weniger als 17 Formeln für Essigsäure an. Unter dem Einfluss des jungen Kekulé, der damals seine epochemachenden Ansichten über den Bau von organischen Körpern und ihre Struktur ausarbeitete, wandte sich Baeyer diesem Gebiet zu, in welchem er hauptsächlich in späteren Jahren in Berlin, Strassburg und München seine wichtigen Untersuchungen veröffentlichte. Das Zusammentreffen von Baeyer und Kekulé war für die Entwicklung der organischen Chemie in Deutschland von der allergrössten Bedeutung; denn Baeyer zeigte, ohne sich in einen Streit über die Bedeutung der Kekuléschen Theorien einzulassen, durch seine grossartigen Experimentaluntersuchungen, in denen er diese theoretischen Vorstellungen benützte, dass man mit ihrer Hülfe in den Bau der organischen Moleküle eindringen könne. Das klassische Beispiel einer solchen Arbeit ist die Konstitutionsaufklärung des Indigos, die eine synthetische Herstellung und die Fabrikation dieses Farbstoffes möglich machte. Als hervorragender Lehrer vermochte Baeyer weiter eine Reihe von bedeutenden Männern für diese neue Arbeitsweise zu begeistern und aus seiner Schule sind eine Reihe bedeutender Forscher hervorgegangen, wie Gräbe und Liebermann, Emil Fischer, Viktor Meyer und Willstätter, und ebenso Männer, die in der Technik eine führende Rolle gespielt haben.

Für die Arbeitsweise Baeyers ist charakteristisch, dass ihn nicht theoretische Vorstellungen zu seinen Versuchen veranlasst haben, sondern dass in der Regel Naturobjekte den Ausgangspunkt zu seinen grossen Untersuchungen bildeten, wie z. B. Indigo, ein Stück Honigstein; Baeyer war eben ein Naturforscher im wahrsten Sinne des Wortes.

Von Emil Fischer hätte man erwarten können, dass er sich der jungen Farbenchemie zuwenden würde, die damals sowohl in wissenschaftlicher sowie in technischer Hinsicht viel Verlockendes bot. Aber nachdem er einige Jahre auf diesem Gebiet gearbeitet hatte, — wir verdanken ihm aus dieser Zeit grundlegende Untersuchungen über die Konstitution der Triphenylmethanfarbstoffe — wandte er sich den Untersuchungen über Zucker- und Kohlenhydrate zu, deren Bearbeitung damals scheinbar sehr wenig Erfolg versprach. Nach jahrelangen Untersuchungen auf diesem Gebiet gelang ihm die Synthese des Traubenzuckers und die Herstellung einer grossen Reihe von Vertretern dieser neuen Gruppe. So schaffte er Klarheit in diesem bisher dunkeln Gebiet.

Noch kühner war sein Versuch, die Konstitution der Eiweißstoffe aufzuklären und auch Geheimnisse dieser Körperklasse konnte er im wesentlichen enthüllen, indem er durch Abbau zeigen konnte, wie diese Verbindungen zusammengesetzt sind, und durch Aufbau eiweissähnliche Produkte herstellte.

Im Laboratorium irgend einen, mit dem natürlichen Eiweißstoff identischen Körper herzustellen, dürfte wohl in der nächsten Zeit kaum gelingen; aber wir wissen nun gerade durch die Fischerschen Untersuchungen, wo hier die Schwierigkeiten liegen.

Auch die weiteren Arbeitsgebiete von Fischer knüpfen an die Untersuchungen von Naturkörpern an, es sind noch zu nennen die Versuche über Harnsäure und Kaffeïn, die auch zu technischen Erfolgen führten, da Fischer im Zusammenhang mit diesen Arbeiten das bekannte Schlafmittel, das Veronal entdeckte. Weiter sind zu nennen die Arbeiten über Gerbstoff und Tannin und es muss Erstaunen erregen, wie ein Mann so verschiedenartige Gebiete der organischen Chemie bearbeiten und aufklären konnte.

Alfred Werners Entwicklung war eine andere, als die Baeyers und Fischers, und auch seine Bedeutung liegt auf anderem Gebiet. Alfred Werner hat in jungen Jahren eine neue theoretische Vorstellung über den Bau von anorganischen Verbindungen entwickelt und seine weitere Lebensarbeit bestand darin, diese Theorie durch Experimentaluntersuchungen zu stützen und auszubauen. Nach der Ostwaldschen Einteilung der grossen Männer ist Werner der typische Romantiker, grade wie Baeyer ein typischer Vertreter der Klassiker ist. Und Werners Leben zeigt auch das Glück und die Tragik im Leben eines Romantikers, den raschen Aufstieg und das jähe Ende durch zu grossen Verbrauch der Kräfte. Wie Kekulé eine organische Strukturchemie geschaffen hat, und wie wir darnach für die organischen Verbindungen den Zusammenhalt der Atome im Molekül angeben können, so hat es Werner durch seine Koordinationstheorie erreicht, dass wir statt der früheren ungenauen Vorstellung über den Bau der anorganischen Moleküle uns jetzt auch die Struktur der anorganischen Körper genau vorstellen können. Es besteht allerdings zwischen der alten Strukturlehre und der neuen in vielen Punkten noch kein Zusammenhang.

Aufklärung über die Valenz dürfte man vielleicht erst erhalten, wenn es gelingt, den Bau der Atome näher zu ergründen; und die neue Periode der Chemie, die durch die Untersuchungen des Radiums eingeleitet sind, dürften da vielleicht wichtige Aufschlüsse bringen. Die vergangene Periode der Chemie ist aber durch die Arbeit grade dieser drei Männer so weit zum Abschluss gebracht, dass es möglich ist, den Bau der wesentlichen anorganischen und organischen Körper auf Grund der Dalton'schen Atomtheorie anzugeben.

Die drei Männer stehen aber auch noch in anderer Hinsicht am Abschluss einer Periode. Der Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts leitet das energetische Zeitalter ein; durch die Arbeit der grossen Naturforscher der vergangenen Jahrhunderte ist die Ausnützung der Energien wie sie hauptsächlich in der Kohle schlummern, erst möglich geworden, und gerade Chemiker haben daran wichtigen Anteil. Nachdem es sich im Weltkrieg gezeigt hat, wie verheerend diese Energien wirken können, ist es jetzt Pflicht und Aufgabe der Chemiker und Naturwissenschaftler, sich der möglichen Konsequenzen ihrer Arbeit bewusst zu werden, und die Errungenschaften zu aufbauender Arbeit zu benutzen. In diesem Sinne sollten wir das Erbe der grossen Naturforscher und verstorbenen Chemiker antreten. (Autoreferat.)

Der Vorsitzende bekräftigt mit herzlichem Dank das Schlusswort des Vortragenden mit dem Wunsche, es mögen die Werke der Chemie künftighin dem

Frieden dienen und das naturwissenschaftliche Wirken nicht an den politischen Grenzen Halt machen, sondern wieder der Internationalität zustreben. Herr Prof. Dr. E. Bosshard beglückwünscht den Vortragenden dazu, dass es ihm gelang, die Verdienste Alfred Werners so vorzüglich darzulegen und hebt hervor, dass vielleicht auch die Zeit kommen werde, wo die praktische Bedeutung der Wernerschen Arbeiten hervortreten werde. Herr Prof. Dr. Fierz ist der Ansicht, dass diese Bedeutung für die Technik schon bestehe. Herr Prof. Dr. Karrer weist darauf hin, dass Werner unabhängig vom Stoff die Struktur aufklären wollte, Baeyer und Fischer sich auf ganz anderen Gebieten bewegten und daher ein Vergleich kaum angängig ist. Werners Arbeiten sind für die Mineralogie von Bedeutung (Aufklärung der Silikate) und für manche Untersuchungen der neuern Physik hat Werner vorgearbeitet.

Der Sekretär: Prof. Dr. Schlaginhaufen.

Protokoll der Sitzung vom 26. Januar 1920,

abends 8 Uhr, auf der „Schmidstube".

Vorsitzender: Dr. E. Rübel. Anwesend 113 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der Sitzung vom 12. Januar 1920 wird unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär genehmigt.
2. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:
   Herr Maschinen-Ingenieur Julius Schrader, Stampfenbachstrasse 69, Zürich 6, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.
   Herr Walter Stünzi, Kaufmann, Alpenstrasse 1, Zürich 1, eingeführt durch die Herren Dr. F. Meyer-Stünzi und Walter Schoeller-Meyer.
   Herr Gottfried Roth, Kaufmann, Asylstrasse 57, Zürich 7, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.
3. Vortrag von Herrn Prof. Dr. Walter Frei:

Das Fleisch als Forschungsobjekt.

Unter Fleisch verstehen wir vornehmlich Muskulatur der Tiere, speziell der warmblütigen.

I. Fleisch als Nahrungsmittel. Zunächst seien die Spontanveränderungen, die das Fleisch beim einfachen Liegenlassen erleidet, untersucht. Kurze Zeit nach dem Tode des Tieres setzt eine auffällige Starre ein: Totenstarre. Sie dauert mehrere Stunden bis einige Tage und hört ebenso spontan wieder auf. Das Wesen dieser Erscheinung ist strittig. Früher allgemein als die Folge einer Gerinnung des Muskeleiweiss betrachtet, wird sie heute von vielen Forschern mit der intravitalen Muskelkontraktion identifiziert und auf Quellung des Muskeleiweiss zurückgeführt. Die Ursache der Quellung ist die Milchsäure, die intravital schon im Muskel vorhanden postmortal durch autolytische Prozesse eine starke Vermehrung erfährt. Die Lösung der Starre kann mit einer Abnahme der Azidität in Zusammenhang gebracht werden.

Die bereits genannte Autolyse geht auch nach der Starre weiter und führt nach und nach zu einer tiefer greifenden Zersetzung des Fleisches. Dabei ändert es seine physikalischen Eigenschaften. Insbesondere wird es mürber und beim Kochen schmackhafter. Man nennt die Gesamtheit aller postmortalen Fleischänderungen wenigstens bis zu einem gewissen Punkt Reifung. In praxi lässt man sie im grossen in den Kühlhallen der Schlachthöfe vor sich gehen.

Schon sehr bald nach dem Tode beginnen die Fäulnisbakterien ihre Tätigkeit auf und in dem Fleisch. Sie sind bei höherer Aufbewahrungstemperatur an der Reifung beteiligt. Ihr Überhandnehmen führt aber sehr rasch zur tiefern Zersetzung der Muskulatur, wodurch sie unansehnlich und ekelhaft wird. Nur beim Wildfleisch lässt man sich normalerweise einen stärkeren Fäulnisgrad, als haut goût, gefallen.

In Anbetracht der Tatsache, dass die Magenverdauung des Fleisches unter Quellung einhergeht und im Interesse der Untersuchung einiger Kolloideigentümlichkeiten des Fleisches wurden von den Schülern des Vortragenden zahlreiche Untersuchungen über Quellung und Entquellung der Muskulatur unter verschiedenen Bedingungen ausgeführt (mit Unterstützung der Stiftung für wissenschaftliche Forschung an der Universität Zürich).

Das Fleisch ist ein gesuchtes und besonders bei den obersten und untersten Gesellschaftsklassen in grossen Mengen verbrauchtes Nahrungsmittel. Der Fleischkonsum ist heute bedeutend grösser als vor einem Jahrhundert. Als Ursachen werden grösserer Wohlstand, Einfachheit und Schnelligkeit der Zubereitung, Schmackkaftigkeit, leichte Verdaulichkeit u. a. angeführt. Sicher ist. dass viele Menschen weit über den physiologischen Bedarf Eiweiss zu sich nehmen. Ein Eiweissminimum lässt sich in Anbetracht der Verschiedenheit der Nahrungsmittel, der Individualität und der Beschäftigung der Menschen nicht wohl aufstellen. Wenn einerseits Schädigungen durch übermässigen Eiweissgenuss wohl möglich sind, so sind schwere Störungen durch zu geringe Eiweissaufnahme sicher.

Besondere Untersuchungen hatten die Konservierung des Fleisches zum Ziel: Trocknen, Pökeln, Räuchern, Gefrieren, Sterilisieren.

Die Trocknung soll einerseits das Bakterienwachstum verunmöglichen, andererseits aber doch nicht zu weit gehen, damit das Fleisch möglichst saftig bleibt und nicht zu viel an Quellungsvermögen einbüsst, weil die Verdaulichkeit mit dem Wasseraufnahmevermögen Hand in Hand geht. Die Wasserabgabe erfolgt zuerst schnell, dann immer langsamer und hört schliesslich ganz auf. Durch Wärme und Luftzug wird die Austrocknung begünstigt. Das Pökeln ist ebenfalls keine Desinfektion, sondern nur eine Hemmung der Bakterienentwicklung z. T. durch Wasserverlust, z. T. durch Hypertonie. Räuchern heisst Austrocknung des Fleisches, verbunden mit Imprägnation mit Rauchgasen, von denen gewisse Bestandteile desinfizierend wirken, aber doch nicht derart, dass man sich in hygienischer oder seuchenpolizeilicher Hinsicht darauf verlassen könnte. Durch Einfrieren kann Fleisch beliebig lange konserviert werden. Aber auch die Bakterien werden mitkonserviert und können sich nach dem Wiederauftauen vermehren. Die sicherste und hygienisch einwandfreieste Konservierungsmethode ist das Sterilisieren. Das Fleisch wird in bakteriendicht schliessenden Gefässen durch Hitze vollständig keimfrei gemacht.

Das Fleisch ist ein immer mehr gesuchtes Nahrungsmittel geworden. Seine Vorteile sind leichte Verdaulichkeit, Schmackhaftigkeit, leichte Zubereitung. Der Fleischkonsum hat in den letzten hundert Jahren enorm zugenommen. Das Fleisch enthält alle Nährstoffe, die zum Aufbau des Organismus notwendig sind. Die obere Grenze der erlaubten Tagesmenge Eiweiss ist schwer festzustellen Sicher ist Eiweiss notwendig, aber auch über das Eiweissminimum sind die Ansichten geteilt.

II. Fleisch als Krankheitsüberträger. Mit dem Fleisch können tierische

(Trichinen, Bandwurmfinnen) und pflanzliche Parasiten auf den Menschen übertragen werden. Es ist die Aufgabe der tierärztlichen Forschung und der Fleischschau im Verein mit den Ärzten, diese Übertragung zu verhüten und es ist auch gelungen, die Zahl derartiger Krankheitsfälle im Laufe der Jahre erheblich zu vermindern. (Autoreferat.)

Der Präsident verdankt den mit vielem Beifall aufgenommenen Vortrag auf das wärmste. In der Diskussion weist Herr Prof. Silberschmidt auf das grosse praktische Interesse hin, das die vom Vortragenden erörterten Fragen für den Hygieniker beanspruchen. Herr Dr. Klinger tritt für die Quellung als Grund der Totenstarre ein. Die Schwierigkeiten für diese Annahme verschwinden, sobald die Quellung in einem Medium vor sich geht, das unter bestimmten Spannungszuständen steht. Ferner möchte er an Stelle des Wortes Ferment die Bezeichnung Hydrolyse gesetzt wissen, da die Entstehung der Milchsäure nicht als fermentativ, sondern als durch einen Nervenstrom bedingt aufzufassen ist. Nachdem sich auch noch Herr Prof. Wiegner vom Standpunkt der Fütterungslehre aus zum Vortrag geäussert, repliziert Herr Prof. W. Frei und betont u. a., dass zu versuchen sei, Fett in den Muskel zu applizieren, um sein Quellungsvermögen zu beeinflussen.

Der Sekretär: Prof. Dr. Schlaginhaufen.

Protokoll der Sitzung vom 9. Februar 1920

abends 8 Uhr, auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Dr. E. Rübel. Anwesend 77 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär.
2. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:
   Herr Ernst Sulger-Büel, stud. med., Irchelstrasse 11, Zürich 6, eingeführt durch die Herren Dr. Rübel und Dr. Gams.
   Herr Dr. med. Haruo Yamasaki, Ottikerstrasse 53, Zürich 6, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.
3. Die Gesellschaft hat durch den Tod verloren:
   am 6. 2. 20 Herrn Prof. Dr. Gustav Huguenin, Mitglied seit 1878. Die Anwesenden erheben sich zu seinen Ehren.
4. Vortrag von Herrn Privatdozent Dr. Bernhard Peyer:

   Das naturwissenschaftliche Paris um 1800.

   (Mit Projektionen.)

Aus dem grossen Umfang des Themas werden zuerst die materiellen Grundlagen der damaligen Naturwissenschaft erörtert, die ihr zu Gebote stehenden staatlichen Organisationen. Sie alle (Jardin des Plantes et Musée d'histoire naturelle, Collège de France, Bureau des longitudes, Classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut de France, école normale, école centrale usw.) haben ihre moderne Organisation während der Revolutionszeit erhalten, wurzeln aber schon im Ancien régime. In einem abwägenden Überblick über diese Epoche wird versucht, ihrem bedeutenden naturwissenschaftlichen Leben gerecht zu werden, ohne die Schattenseiten zu verschweigen.

Die sinnlosen Greuel der Schreckenszeit (Lavoisier!) werden überstrahlt

von ihrer positiven Kulturarbeit, welche speziell für die Naturwissenschaften in der Schaffung einer Organisation des Bildungswesens bestand, welche in ihren Grundzügen bis in die Gegenwart sich erhalten hat.

Napoleons Verhältnis zu den Wissenschaften: Im Interesse seiner Monarchie starke Unterdrückung der Geistesfreiheit, daneben aber grosse materielle Förderung der Wissenschaft. Die Naturwissenschaften in ihrer Freiheit durch Napoleon kaum beeinträchtigt, da ihre Forschung nicht politischer Natur.

Die reaktionäre Strömung der Restaurationszeit wird nur angedeutet.

An dem Beispiel des Jardin des Plantes werden die speziellen Schicksale eines naturwissenschaftlichen Institutes in den verschiedenen Staatsumwälzungen näher verfolgt. (Vorgeschichte, autoritative Stellung Buffons, zwei ungeeignete Nachfolger, wahrhaft demokratische Reform von den Professoren 1793 erreicht weitere Schicksale des Gartens bis 1815.)

In sehr gekürzter Übersicht über den Stand der damaligen Naturwissenschaft wird sodann die Stellung von Cuvier, Lamarck und E. Geoffroy St. Hilaire kurz charakterisiert.

Zum Schluss wird hingewiesen auf die internationale Art eines Joseph Banks, eines Alexander von Humboldt, auf jenen vornehmen universellen Gelehrtengeist, der sich um 1800 auch während der Kriege und bei den Forschern der kriegführenden Staaten nicht totmachen liess und die Hoffnung ausgesprochen, diese hohe Gesinnung möge jetzt nach den Schrecken des Weltkrieges wieder zum Leben erwachen.

Lichtbilder: Bauliche Entwicklung des Jardin des Plantes. Persönlichkeiten.

(Autoreferat.)

Der Vorsitzende verdankt den interessanten Vortrag und die schönen Bilder herzlich.

In Vertretung des Sekretärs: Dr. A. Kienast.

Protokoll der Sitzung vom 23. Februar 1920

abends 8 Uhr, auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Dr. E. Rübel. Anwesend 172 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär-Stellvertreter.
2. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:

   Herr Karl Hägler, Assistent am Anthropologischen Institut der Universität, Streulistrasse 5, Zürich 7, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.

   Herr Paul Gugelmann, stud. forest., Hedwigstrasse 20, Zürich 7, eingeführt durch Herrn Dr. Rübel.

   Herr Arthur Uehlinger, stud. forest., Büchnerstrasse 7, Zürich 6, eingeführt durch Herrn Dr. Rübel.
3. Vortrag des Herrn Prof. Dr. Paul Karrer:

Über Chemotherapie.

Chemotherapie ist die Lehre von der spezifischen Desinfektion des Organismus mit chemischen Mitteln. Sie ist die Schwesterwissenschaft der Serumtherapie, die das gleiche Ziel mit Hilfe der Antitoxine zu erreichen sucht. Es ist daher wahrscheinlich, dass sich später, wenn wir über die chemische Natur der Antitoxine besser unterrichtet sind, sich noch engere Beziehungen zwischen diesen beiden Wissenschaften ergeben werden.

Zu den älteren chemotherapeutisch verwendeten Stoffen gehören die Salizylsäurepräparate, die Gelenkrheumatismus günstig beeinflussen. Ähnlichen Einfluss haben die Körper der Atophangruppe. Unter ihnen ist einer (Viologen), der im Tierorganismus in einen roten Farbstoff übergeht, der sich besonders in den Gelenken ablagert. Darin dokumentiert sich die Gelenkaffinität dieser Körperklasse, welche ihre günstige Wirkung auf Gelenkrheumatismus und Gicht verständlich erscheinen lässt.

Die therapeutisch benutzten Silberverbindungen kann man in drei Klassen einteilen: in die jonisierenden Silbersalze, in die Silbereiweisspräparate und in die kolloidalen Silberverbindungen. Erstere desinfizieren sehr stark, wirken aber stark reizend. Die zweiten haben keine Reizwirkung, indessen auch nicht so starke Desinfektionskraft; ähnlich steht es mit den kolloidalen Silberpräparaten. Alle werden seit vielen Jahren zur Behandlung von Gonokokkenerkrankungen mit Erfolg angewandt. Aus neuester Zeit stammt die Beobachtung, dass sie auch Kaninchensyphilis zur Ausheilung bringen können, womit sich eine neue Perspektive für die Verwendung solcher Substanzen ergibt.

Die Chemotherapie der aromatischen Arsenverbindungen ist wohl am weitesten ausgebaut. Die Darstellung des Atoxyls durch Béchamp in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts kann als Ausgangspunkt für diese Forschung angesehen werden. Aber erst die Konstitutionsaufklärung des Atoxyls durch Paul Ehrlich ebnete den Weg zu weiteren Synthesen. Die günstige Wirkung des Atoxyls bei menschlicher Schlafkrankheit beobachtete zuerst Robert Koch. Das Mittel wird zu diesem Zweck auch heute noch mit Erfolg benutzt; es ist aber nicht ohne Nebenwirkungen und hat schon zu Erblindungen Veranlassung gegeben. Zu wenig neurotropen Substanzen gelangte Ehrlich erst, als er Arsenverbindungen mit dreiwertigem Arsen in die Therapie einführte. Das Salvarsan ist eine solche, höchst wirksame Substanz, die sowohl auf Protozoenerkrankungen (Malaria) als auch auf Trypanosomiasen (Trypanosoma brucei, -gambieuse, -equiperdum, -Lewisi, Leishmania tropica) und Spirillenerkrankungen (Treponema pallidum, Spironema Schaudinni, -gallinarum, -buccalis) günstig wirkt. Aber auch Rotz, Milzbrand, Rotlauf etc. werden von ihm z. T. sehr schnell gebessert. Durch Kombination mit Kupfersalzen erhält man ein Kupfersalvarsan mit Silbersalzen ein Silbersalvarsan. Ersteres zeigt von allen bekannten Präpraten im Tierversuch die beste Wirkung gegen Trypanosomen, letzteres die beste Wirkung auf Spirillenerkrankungen.

Die Quecksilberverbindungen, die schon sehr lange mit Erfolg zur Behandlung von Lues dienen, wirken nicht als solche spezifisch, sondern in dem Mass, wie aus ihnen im Körper Quecksilber abgespalten wird; erst dieses übt die Heilwirkung aus. Voraussichtlich würden organische Quecksilberverbindungen mit einwertigem Quecksilber sich viel besser bewähren, sie konnten aber bisher nicht synthetisiert werden. Das Calomel (mit einwertigem Quecksilber) und die graue Salbe (metallisches, nullwertiges Quecksilber) gehören auch heute noch zu den beliebtesten Quecksilberpräparaten.

Von den vielen, namentlich durch Ehrlich therapeutisch erprobten Farbstoffen, sind neuerdings gewisse Akridiniumfarbstoffe (Trypaflavin) wichtig geworden, da sie ein teilweise ausserordentliches Desinfektionsvermögen besitzen. An ihnen ist besonders wertvoll, dass sie in eiweisshaltigen Flüssigkeiten (Serum) stärker sterilisieren als in eiweissfreien, während sonst die meisten Desinfektionsmittel gerade ein umgekehrtes Verhalten aufweisen. Sie sind wenig giftig und dienen vorläufig hauptsächlich als Wund- und als Aussen-desinficientia.

Aus der Gruppe der Alkaloide endlich wird das Chinin in Form des Chinarindenpulvers seit Jahrhunderten gegen Malaria mit Erfolg benutzt. Neuerdings hat Morgenroth mit den Alkyldihydrocupreinen, Verwandten des Chinins, interessante Versuche angestellt. Der Äthyläther des Dihydrocupreins (Optochin) entfaltet eine spezifische Wirkung auf Pneumokokken, der Isoamyläther (Eucupin) wirkt auf Vibrionen und Diphteriebazillen, und der Isooctyläther (Vuzin) auf Staphylokokken und Streptokokken. Diese unterschiedliche Wirkung verschiedener Glieder aus ein und derselben homologen Reihe ist äusserst interessant und regt zu weiteren ähnlichen Versuchen an.

Aus all dem Mitgeteilten geht hervor, dass die Chemotherapie in voller Entwicklung begriffen ist und noch weitere Erfolge erhoffen lässt. (Autoreferat.)

Eine lebhafte Diskussion folgte dem von der sehr zahlreichen Zuhörerschaft mit grossem Beifall aufgenommenen Vortrag. In längern Ausführungen kennzeichnet Prof. Bloch die Stellung des Mediziners gegenüber den vom Vortragenden behandelten Fragen. Er weist auf die Perspektiven hin, die die bisher beobachteten Wirkungen des Salvarsans eröffnen: die Erreger werden getötet und der menschliche Körper nicht weiter beeinflusst. Er betont besonders, dass der Chemiker, der Tierexperimentator und der Arzt am Krankenbett zusammenarbeiten müssen, um Erfolge zu erzielen. Sodann ergänzt er die Mitteilungen des Vortragenden durch eigene Beobachtungen und Erfahrungen: Er hebt die Schwierigkeit hervor (am Beispiel des Salvarsans) die Heilwirkung zu konstatieren (Einfluss auf die Statistik der Fälle). Ferner betont er die Schwierigkeiten, die durch die individuellen Reaktionen beim Menschen hervorgerufen werden.

Prof. Dr. Oswald: Die Bezeichnung „Chemotherapie“ stammt von Ehrlich. Der Begriff ist aber schon älter. Es ist schon lange das Ziel der Pharmakologie, die Arzneimittel chemisch aufzuklären und nach dieser Erkenntnis zur Herstellung neuer Arzneimittel chemisch vorzugehen. Es ist auch nicht innerlich begründet, die „Chemotherapie“ der Infektionskrankheiten von der der übrigen Krankheiten abzutrennen. Das bisher vorliegende Beobachtungsmaterial ist bisher viel zu wenig verwertet worden zu einer einheitlichen Beurteilung der pharmakologischen, bezw. pharmakotherapeutischen Wirkung. Es lassen sich jetzt schon durchgehende Gesetzmässigkeiten nachweisen, weitumfassende, allgemeine, auf grosse Gruppen sich erstreckende oder aber auf kleinere Gruppen sich beschränkende. Von weitumfassenden mögen folgende Beispiele angeführt werden. Alle aliphatischen Körper haben eine ähnliche Grundwirkung, die bei ihnen immer wiederkehrt und nur durch Angliederung anders wirkender Radikale modifiziert, bezw. bis zur praktischen Unkenntlichkeit aufgehoben wird. Das gleiche gilt für die aromatischen Verbindungen, ebenso für die stickstoffhaltigen Körper. Bei ihnen allen lässt sich die Ammoniakwirkung erkennen, die durch Angliederung aliphatischer oder aromatischer Radikale in mannigfacher Weise modifiziert wird.

Prof. Silberschmidt vergleicht Serumtherapie und Chemotherapie und fragt, ob es richtig ist, von einer spezifischen Wirkung zu sprechen.

Nachdem Prof. Karrer auf diese Äusserungen und auf eine Frage von Dr. Aebly geantwortet hat, verdankt der Vorsitzende den interessanten Vortrag herzlich.

In Stellvertretung des Sekretärs: Dr. A. Kienast.

Protokoll der Sitzung vom 8. März 1920

abends 8 Uhr auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Dr. E. Rübel. Anwesend 47 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der letzten Sitzung wird unter Verdankung an den Autoreferenten und den stellvertretenden Sekretär genehmigt.
2. Der Gesellschaft wurden durch den Tod entrissen:
   am 26. Februar Herr Dr. phil. Arthur Tröndle, Privatdozent für Botanik an der Universität, Mitglied seit 1915;
   am 27. Februar Herr Staatsanwalt Dr. Heinrich Zeller, Mitglied seit 1903.
   Die Anwesenden erheben sich zu Ehren der Verstorbenen.
3. Vortrag des Herrn Dr. Joh. Rutgers:

Die Bildung von reproduktiven Zellen im Gegensatz zum gewöhnlichen vegetativen Wachstum.

Anfangs existierten nur einzellige Organismen. Wenn diese sich in ihrem vegetativen Wachstum teilten, war dies zur gleichen Zeit eine riesige Anzahlvermehrung; aber immer noch ohne Sexualität. Erst als sich allmählich mehr Abfallstoffe angehäuft hatten, konnten in üppigem Wachstum auch mehrzellige Organismen sich entwickeln. So oft aber wieder Erschöpfungserscheinungen eintraten, wodurch ein dergleiches üppiges vegetatives Wachstum bis auf weiteres ermöglicht wurde, da traten wieder einzellige Organismen auf, nämlich die reproduktiven Zellen, erst Sporen, später Befruchtungszellen, wodurch dann die Gattung vor drohendem Untergang gerettet wurde. Das Sexuelle ist also in erster Linie eine Anpassung an die ökonomischen Verhältnisse; das Zusammenschmelzen zweier Befruchtungszellen ist überdies ein Korrektiv den ewigen Zellteilungen gegenüber, und durch erhöhte Variabilität eine Veredlung, wodurch alle die höheren Gattungen hervorgerufen sind.

Mit einer Menge von Beispielen und Experimenten wird dieses Schema weiter begründet, wie der Vortragende es in einer grösseren Arbeit, die druckfertig vorliegt, geplant hat. Treten ja z. B. die Blüten erst am Ende der Zweiglein, und die Geschlechtsreife erst am Ende der jugendlichen Wachstumsperiode auf. Es ist sogar ein gewisser Gegensatz zwischen den beiden Wachstumserscheinungen nicht zu verkennen. Je mehr das vegetative Wachstum sich üppig entfaltet, die Bäume in überflüssiger Laubbildung, der Mensch in übermässiger Fettbildung, desto weniger kann man eine grosse Fruchtbarkeit erwarten. Dieser Gegensatz mahnt uns, Frühreife zu meiden, damit erst das vegetative Leben und dann das sexuelle Leben zu seiner höchsten Blüte gelangen kann.

Bei dieser Auffassung des sexuellen Lebens wird vieles klar, das bis jetzt kaum zu verstehen war: der Zweikampf der vom sexuellen Leben sowohl materiell wie psychisch hervorgerufen wird, die Notwendigkeit so vieler Selbstbeherrschung, und schliesslich bei erlaubter Liebesbefriedigung die Lösung aller dieser Gegensätze, als wäre es die Lösung irgend eines Dissonanten.

(Autoreferat.)

Der Präsident dankt dem Vortragenden herzlich. Aut eine Anfrage von Prof. Dr. de Quervain gibt der Vortragende kurzen Aufschluss und teilt mit, dass der Vortrag ein zusammenfassendes Kapitel eines demnächst zu publizierenden Buches darstelle.

Der Sekretär: Prof. Dr. Otto Schlaginhaufen.

Bericht des Quästors

über die

Rechnung der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

für das Jahr 1919.

A. Betriebsrechnung.

Einnahmen:

Mitgliederbeiträge	Fr.	9,641. —
Neujahrsblätter	„	472. 10
Vierteljahrsschriften	„	994. 25
Geschenke	„	112. 60
Beiträge von Behörden und Gesellschaften	„	4,500. —
Zinsen	„	4,519. 40
Diverse Einnahmen	„	17. —
	Fr.	20,256. 35

Ausgaben:

Neujahrsblatt		Fr.	1,941. 20
Vierteljahrsschrift	Fr. 30,454. 50		
abzüglich Beiträge	„ 13,140. 95	„	17,313. 55
Miete		„	372. —
Personalausgaben		„	799. —
Verwaltung		„	2,705. 89
Diverse		„	860. 40
		Fr.	23,992. 04

Abschluss.

Total der Einnahmen	Fr.	20,256. 35
Total der Ausgaben	„	23,992. 04
Rückschlag der Betriebsrechnung	Fr.	3,735. 69

B. Kapitalrechnung.

Einnahmen.

Saldo letzter Rechnung	Fr.	13,013. 68
Zinsen	„	926. 90
Übertrag von Stammgutrechnung	„	3.592. 50
Schenkungen und Legate	„	1,300. —
	Fr.	18,833. 08

Ausgaben.

Übertrag auf Betriebsrechnung (Zinsen)	Fr.	4,519. 40
Saldo der Betriebsrechnung	„	3,735. 69
	Fr.	8,255. 09

Abschluss.

Total der Einnahmen	Fr. 18,833. 08
Total der Ausgaben	„ 8,255. 09
Saldo der Kapitalrechnung	Fr. 10,577. 99
Saldo der Kapitalrechnung am 31. Dez. 1918	Fr. 13,013. 68
Saldo der Kapitalrechnung am 31. Dez. 1919	„ 10,577. 99
Rückschlag der Kapitalrechnung	Fr. 2,435. 69

C. Pensionsfonds.

Einnahmen.

Saldo letzter Rechnung	Fr. 1,591. 10
Unsere Einzahlung	„ 500. —
Zinsen	„ 73. 75
Saldo des Pensionsfonds	Fr. 2,164. 85

D. Lebenslängliche Mitglieder.

Einzahlung von 2 Mitgliedern . . .	Fr. 800. —

E. Illustrationsfonds.

Saldo letzter Rechnung	Fr. 2,000.—

F. Stammgutrechnung.

Einnahmen.

Saldo letzter Rechnung	Fr. 70,000. —
Zinsen	„ 3,592. 50
	Fr. 73,592. 50

Ausgaben.

Übertrag auf Kapitalrechnung . . .	Fr. 3,592. 50

Abschluss.

Total der Einnahmen	Fr. 73,592. 50
Total der Ausgaben	„ 3,592. 50
Saldo der Stammgutrechnung	Fr. 70,000. —

Vermögen der Gesellschaft.

1. Anlagen und Barschaft.

Saldo der Stammgutrechnung (unantastbar) .	Fr. 70,000. —
Saldo der Kapitalrechnung (disponibel) .	„ 10,577. 99
Saldo des Pensionsfonds	„ 2,164. 85
Lebenslängliche Mitglieder	„ 800. —
Saldo des Illustrationsfonds	„ 2,000. —
	Fr. 85,542. 84

2. Erratische Blöcke.

a) Erratischer Block, Speerfindling, in Ringwil-Hinwil, erworben um Fr. 29.— laut Kaufbrief vom 5. Juni 1872.

b) Erratischer Block, Sernifit, Rötelstein genannt, beim Hof Rotenfluh in Oberembrach, erworben um Fr. 36.— laut Auszug aus dem Grundprotokoll Embrach, Notariat Kloten, 22. Juni 1869 und Abtretungsvertrag vom 29. Dezember 1883.

c) Erratischer Block, Alpenschiefer, in Wald, Kt. Zürich, erworben um Fr. 20.— laut Kaufbrief Notariat Wald, 10. Oktober 1872.

d) Erratischer Block in der Wolfsgrube Wald, Kt. Zürich, erworben laut Schenkungsurkunde vom 3. Juli 1869, Notariat Wald.

3. Druckschriften.

Verschiedene Druckschriften in ca. 25,920 Exemplaren, nach Verzeichnis des Herrn Druckschriftenverwalters der Gesellschaft, in Verwahrung der Zentralbibliothek und der Buchhandlung Beer & Co.

Die Betriebsrechnung zeigt gegenüber dem Voranschlag, der einen Rückschlag von Fr. 1800.— voraussah, einen solchen von Fr. 3,735.69, somit eine Schlechterstellung um Fr. 1,935.69. Hieran partizipieren:

mit Mehrausgaben:			
Neujahrsblatt	Fr.	341.20	
Vierteljahrsschrift	„	913.55	
Verwaltung	„	805.89	
Diverse Ausgaben	„	360.40	Fr. 2,421.04
denen gegenüberstehen mit			
Mehreinnahmen:			
Mitgliederbeiträge	Fr.	141.—	
Neujahrsblätter	„	122.10	
Geschenke	„	62.60	
Zinsen	„	119.40	
Diverse Einnahmen	„	17.—	
	Fr.	462.10	
abzüglich Mindereinnahme Vierteljahrsschriften	„	5.75	Fr. 456.35
und Minderausgaben:			
Miete	Fr.	28.—	
Personalausgaben	„	1.—	„ 29.— „ 485.35
		Wie vorstehend	Fr. 1,935.69

Die beträchtlichen Überschreitungen des Budgets haben ihren Hauptgrund in den sich immer steigenden Druckkosten und einer nicht genügenden Devisierung des II. Doppelheftes der Vierteljahrsschrift. Nicht im Budget vorgesehen war der Druck der neuen Statuten, die Heimfeier und diverse kleinere unvorhergesehene Ausgaben.

Der Rückschlag der Betriebsrechnung wurde auf Kapitalrechnung übertragen, die dank eines Legates von Fr. 1000 — und einer Schenkung von Fr. 300.— einen Rückschlag von nur Fr. 2,435.69 ausweist, wobei immerhin bemerkt sei, dass alle Wertschriften zum Nominalbetrag eingesetzt sind.

Neu erscheint der Posten „Lebenslängliche Mitglieder". Zu unserer Überraschung haben erst zwei Mitglieder von der Annehmlichkeit Gebrauch gemacht, durch einmalige Zahlung von Fr. 400.— von der jährlichen Beitragszahlung enthoben zu sein.

Der Pensionsfonds ist um die vertragliche Zuwendung von Fr. 500.— plus Fr. 73.75 Zinsen vermehrt.

Leider gestattete das Rechnungsergebnis nicht, den Illustrationsfonds zu äufnen.

Die Stammgutrechnung ist mit Fr. 70,000 gleich geblieben, wobei auch hier die Anlagen zum Nominalwert eingesetzt sind.

Eine annähernd genaue Angabe über den Bestand an Druckschriften kann erst nach einer neuen Inventuraufnahme gegeben werden.

Budget für das Jahr 1920.

Einnahmen:

Mitgliederbeiträge	Fr.	10,300. —
Neujahrsblätter	„	400. —
Vierteljahrsschriften	„	500. —
Geschenke	„	50. —
Beiträge von Behörden und Gesellschaften	„	5,000. —
Zinsen	„	4,500. —
Diverse	„	50. —
	Fr.	20,800. —
Rückschlag	„	4,000. —
	Fr.	24,800. —

Ausgaben:

Neujahrsblatt, wissenschaftlicher Teil	Fr.	1,400. —		
„ Spedition und Spesen	„	300. —	Fr.	1,700. —
Vierteljahrsschrift wissenschaftlicher Teil	„	14,000. —		
„ Vorträge	„	2,000. —		
„ Sitzungsberichte	„	1,400. —		
„ Spedition und Spesen	„	500. —	„	17,900. —
Miete			„	400. —
Personalausgaben			„	1600. —
Verwaltung Bureaumaterial	Fr.	300. —		
„ Drucksachen	„	200. —		
„ Sitzungseinladungen	„	1500. —		
„ Porti und Spesen	„	550. —		
„ Verschiedenes	„	100. —	„	2,650. —
Diverse Ausgaben			„	550. —
			Fr.	24,800. —

Zürich, den 5. März 1920. Der Quästor: Dr. M. Baumann-Naef.

Revisorenbericht.

Die unterzeichneten Rechnungsrevisoren haben die ihnen vorgelegte Rechnung der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich für das Jahr 1919 auftragsgemäss geprüft und in allen Teilen richtig gefunden.

Die Aufstellung des Gesellschaftsvermögens, ausgewiesen durch einen Depotschein der Zürcher Kantonalbank, durch 3 Einlagehefte, 2 Stück Schweizerische Kreditanstalt und 1 Stück A.-G. Leu & Co., zeigte sich ebenfalls als vollkommen korrekt. Ueberhaupt haben sich die Revisoren auch dieses Jahr wiederum von der alles Lob verdienenden Rechnungsführung unseres Quästors überzeugen können. Sie beantragen deshalb der Generalversammlung, Herrn Dr. Baumann-Naef Entlastung zu erteilen unter bester Verdankung der ausgezeichneten und uneigennützig geleisteten Dienste.

Zürich, den 15. März 1920.

W. Kummer-Weber.
Alb. Bommer.

Bericht des Sekretärs

über die

wissenschaftliche Tätigkeit und den Bestand der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1919/20.

Die Gesellschaft veranstaltete während des Winterhalbjahres 1919/20 10 Sitzungen, in denen folgende Vorträge gehalten wurden:

1. 27. Oktober 1919. Herr P.-D. Dr. Anton Bühler: Die Arteriosklerose als biologisches Problem.
2. 10. November 1919. Herr Prof. Dr. Greinacher: Wechselstromversuche (mit Demonstrationen).
3. 24. November 1919. Herr Dr. Josias Braun-Blanquet: Über die eiszeitliche Vegetation des südlichen Europa.
4. 8. Dezember 1919. Herr Dr. Adolf Naef: Bilder vom Bau und Leben der Tintenfische (mit Projektionen).
5. 12. Januar 1920. Herr Prof. Dr. Hermann Staudinger: Die drei Nobelpreisträger: Adolf v. Baeyer, Emil Fischer, Alfred Werner.
6. 26. Januar 1920. Herr Prof. Dr. Walter Frei: Das Fleisch als Forschungsobjekt.
7. 9. Februar 1920. Herr P.-D. Dr. Bernhard Peyer: Das naturwissenschaftliche Paris um 1800 (mit Projektionen).
8. 23. Februar 1920. Herr Prof. Dr. Paul Karrer: Über Chemotherapie.
9. 8. März 1920. Herr Dr. med. Joh. Rutgers: Die Bildung von reproduktiven Zellen im Gegensatz zum gewöhnlichen vegetativen Wachstum.
10. 17. Mai 1920. Herr Dr. Rudolf Klinger: Die Blutgerinnung (chemisch und physiologisch).

Durchschnittlich waren in den Sitzungen 105 Personen anwesend.

In der Sitzung vom 8. Dezember 1919 tagte die ausserordentliche Hauptversammlung. Sie genehmigte Ergänzungen der Statuten, welche die Abordnung von Vertretern in den Senat der S. N. G. und die Aufnahme von Mitgliedern auf Lebenszeit betreffen. Sie wählte als Abgeordneten in den Senat der S. N. G. Prof. Dr. W. Frei, als Stellvertreter dieses Abgeordneten Prof. Dr. Schlaginhaufen, als Sekretär für die Zeit von 1920—1924 Prof. Dr. Schlaginhaufen, als Beisitzer Herrn Dr. A. Kienast.

Exkursionen:

Am 21. Juni 1919 unternahm die Gesellschaft eine Exkursion nach dem Sihlwald. Ein Vortrag des Herrn Forstmeister Tuchschmid und geologische Mitteilungen des Herrn Dr. J. Hug boten dazu die nötigen Erläuterungen.

Am 13. September 1919 wurden die Fabrik und Gutswirtschaft Maggi in Kempttal besichtigt und ein Ausflug nach der Kyburg damit verbunden. Die Führung durch einige Abteilungen der Fabrik übernahmen die Herren Dr. Ruckstuhl, Dr. Holzmann, Dr. Schleich und Ing. Ruf, diejenige durch die Gutswirtschaft die Herren Nationalrat Bertschinger und Vizeverwalter Brunschweiler. Im Schlossgarten der Kyburg hielt Herr Prof. Dr. H. Leemann einen Vortrag über die Geschichte der Burg und ihrer Bewohner.

Vorstandssitzungen:

Die Geschäfte des Vorstandes wurden in 4 Sitzungen beraten.

Mitgliederbestand:

Die Gesellschaft hat seit dem letzten Bericht folgende Mitglieder durch den Tod verloren:

27. 5. 19. Prof. Dr. Simon Schwendener, Ehrenmitglied.
23. 6. 19. Dr. phil. Otto Kym.
19. Dr. Paul Choffat, Lissabon, Mitglied seit 1873, Ehrenmitglied.
19. Prof. Dr. Theod. Reye, Strassburg, Mitgl. seit 1863, Ehrenmitglied.
8. 11. 19. Prof. Dr. Karl Egli.
15. 11. 19. Prof. Dr. Alfred Werner, Sekretär 1894–99, Präsident 1906–08.
18. 11. 19. Prof. Dr. Adolf Hurwitz.
20. Prof. Dr. Anton Bühler, Tübingen, fr. ausl. Mitgl.
6. 2. 20. Prof. Dr. Gustav Huguenin, Mitglied seit 1878.
26. 2. 20. P.-D. Dr. Arthur Tröndle.
27. 2. 20. Staatsanwalt Dr. Heinrich Zeller.
10. 3. 20. Dr. med. Adolf Steiger, Augenarzt.
18. 3. 20. Karl Stebler, ehem. Institutsvorsteher.

Es haben den Austritt erklärt 22 Mitglieder, eines trat zu den freien ausländischen Mitgliedern über und zwei wurden gestrichen.

Die Zahl der Neuaufnahmen seit dem letzten Bericht beträgt 53; ein wieder in die Liste aufgenommenes Mitglied liess sich als freies ausländisches Mitglied eintragen.

Am 31. Dezember 1919 war der Mitgliederbestand folgender:

Ehrenmitglieder	11
Korrespondierende Mitglieder	4
Ordentliche Mitglieder	532
Freie ausländische Mitglieder	22
	569

Am Tage der Hauptversammlung beträgt die Zahl der ordentlichen Mitglieder (unter Einschluss der in der Hauptversammlung aufgenommenen): 529.

Zürich, Mai 1920. Der Sekretär: Prof. Dr. Otto Schlaginhaufen.

Bericht des Redaktors.

Jahrgang 64 unserer Vierteljahrsschrift, wiederum in zwei Doppelheften ausgegeben und in ungewöhnlicher Stärke erschienen, umfasst LXIX und 861 Seiten. Das erste Doppelheft, erschienen am 12. April des Berichtsjahres, ist als Sonderband auch als „Professor Albert Heim zur Vollendung seines siebzigsten Lebensjahres gewidmete Festschrift“ ausgegeben worden und enthält als solche ausschliesslich Publikationen aus dem engern und weitern Forschungsgebiet des Meisters, der Geologie, Glaziologie, Petrographie und der paläolithischen Höhlenforschung. Die Zahl der Autoren beziffert sich auf 27, die der Tafeln auf 11, die der Textfiguren auf 61. Dem Heft ist ausserdem ein vortreffliches Bild des Gefeierten vorangestellt; ein Publikationsverzeichnis Albert Heims macht den Beschluss. An die Herstellung dieses Doppelheftes hat unsere Gesellschaft

einen bestimmten Beitrag aus ihren finanziellen Mitteln ausgeworfen; die Hauptkosten wurden von einem „Heimkomitee", d. h. aus den von diesem gesammelten Beiträgen bestritten.

Das Doppelheft 2 konnte am 31. Dezember ausgegeben werden. Es zählt, abgesehen von den LXIX Seiten gesellschaftlichen Charakters 344 Seiten und enthält 8 Textfiguren. Die Publikationen des zweiten Doppelheftes verteilen sich auf die verschiedenen Disziplinen wie folgt: Mathematik 2, Physik 1, Medizin 1, Zoologie 1, Pflanzengeschichte 1, Botanik 2, Heimatkunde 1; hiezu kommen noch die Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte mit einem Bericht über die Eulerausgabe und Nekrologen der verstorbenen Mitglieder Konrad Brandenberger, Georg Ruge, August Grete, Paul Choffat, Theodor Reye, Karl Egli, Alfred Werner und Adolf Hurwitz.

Satz-, Druck- und Papierpreise, mangelhafte Manuskriptredaktion, unleserliche Schrift, zweiseitig beschriebene Manuskripte mit allerlei Einfügungen, unmöglich zu erfüllende Sonderwünsche, u. s. w. sind die Blumen, die dem Redaktor auf seinem Redaktionspfad blühen und reifen, und nicht selten vermisst er bei seinen Korrespondenten ein gewisses Verständnis dafür, dass hier wie überall ein von Ordnung und bestimmten Grundsätzen diktierter Geschäftsgang bitter notwendig ist.

Im grossen und ganzen ist indessen der Verkehr ein sehr angenehmer gewesen, widerfahrene Unannehmlichkeiten sind jederzeit reichlich aufgewogen worden durch unerwartete Anerkennung. Dankbar gedenkt der Redaktor des verständnisvollen Eingehens auf allerlei Redaktionswünsche, dessen er sich seitens der Druckereifirma Gebr. Fretz A. G. stets zu erfreuen gehabt hat.

Das diesjährige Neujahrsblatt, 122. Stück auf das Jahr 1920, ist von Herrn Dr. E. Blumer verfasst und ist betitelt: Geschichte des Erdöls. Bilder aus der Vergangenheit unseres Planeten. 27 Seiten, mit 1 Lichtdrucktafel und 10 Textbildern.

Der Redaktor will es sich nicht versagen, auch an dieser Stelle dem Vorstande, insbesondere dem Herrn Quästor, wie der Gesellschaft überhaupt, seinen besten Dank auszuprechen für das stete Entgegenkommen, das er bei diesen Instanzen gefunden hat, er wird sich weiterhin bemühen, den vielseitigen Wünschen im Interesse der Gesellschaft im Rahmen des Möglichen Rechnung zu tragen.

Hans Schinz.

Zürich, März 1920.

Protokoll der Hauptversammlung vom 17. Mai 1920,

abends 6¼ Uhr auf der Schmidstube.

Anwesend 58 Personen.

Vorsitzender: Dr. E. Rübel.

Traktanden:

1. Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär.
2. Die Gesellschaft hat durch den Tod verloren:
   Herrn Dr. med. Adolf Steiger, Augenarzt, Mitglied seit 1905,
   „ Karl Stebler, Institutsinhaber, Mitglied seit 1895,
   „ Dr. Otto Amberg, Mitglied seit 1903.
   Die Mitglieder erheben sich zu Ehren der Verstorbenen von ihren Sitzen.
3. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:
   Herr Dr. Ferdinand Rabowski, Geologe, Musée de Géologie, Université Lausanne, eingeführt durch Herrn Dr. E. Rübel.

Herr Dr. Heinrich Schwarz, Chemiker, Kernstrasse, Zürich 4, eingeführt durch Herrn Dr. E. Rübel.

Herr Dr. Georg Pólya, Privatdozent für Mathematik an der E. T. H., Alkoholfreies Kurhaus Zürichberg, Zürich 7, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.

Herr André Blankart, cand. chem., Lavaterstr. 56, Zürich 2, eingeführt durch Herrn Dr. E. Rübel.

Herr Konrad Escher, stud. phil., Sihlstr. 16, Zürich 1, eingeführt durch Herrn Dr. E. Rübel.

4. Die Berichte des Quästors, der Rechnungsrevisoren, des Sekretärs und des Redaktors werden genehmigt und verdankt. Im Anschluss an das vom Quästor vorgelegte Budget für das Jahr 1920 erfolgte eine Aussprache, in der die Herren Prof. Dr. Rüst und Dr. Blumer für eine Einschränkung resp. Aufhebung der gedruckten Autoreferate eintraten, der Quästor, Herr Dr. M. Baumann eine Erhöhung des Mitgliederbeitrages befürwortete. Die Diskussion führte zu keinem Beschluss; vielmehr stellte die Versammlung dem Vorstand anheim, durch eine Rundfrage die Meinung der Mitglieder zu erkunden.
5. Wahlen: Zum Präsidenten für die Amtsdauer 1920/22 wurde der bisherige Vizepräsident, Herr Prof. Dr. Walter Frei, gewählt. An Stelle des Herrn Dr. Arnold Heim, der in der Voraussicht längeren Fernseins von Zürich den Rücktritt erklärt hatte, wurde Herr Prof. Dr. A. de Quervain in den Vorstand und zugleich zum Vizepräsidenten gewählt. Herr Dr. Rübel bleibt als Beisitzer im Vorstand. Im übrigen erfährt die Zusammensetzung des Vorstandes keine Veränderung. Zu Rechnungsrevisoren werden die Herren Albert Bommer und Wilhelm Caspar Escher (an Stelle des zurücktretenden Herrn Kummer-Weber) ernannt. Herr Prof. Dr. W. Frei dankt dem abtretenden Präsidenten, Dr. Rübel, für seine Verdienste um die Gesellschaft, insbesondere für seine Werbetätigkeit, die der Gesellschaft rund 150 neue Mitglieder einbrachte, für die stoffliche Abwechslung im Vortragsprogramm, für die Befestigung der Beziehungen zwischen der Zürcher und der Schweizer Naturforschenden Gesellschaft und für die gewandte und liebenswürdige Leitung der Vorstandssitzungen.
6. **Vortrag von Herrn Dr. med. Rudolf Klinger:**

Die Blutgerinnung (chemisch und physiologisch).

Die Entwicklung der Gerinnungslehre ist aufs innigste mit derjenigen der Eiweiss-Chemie verbunden. Denn die Blutgerinnung ist in erster Linie ein eiweiss-chemisches Problem: die Frage nach dem Wesen derjenigen chemischen Vorgänge, welche zur Ausscheidung des im Blut kolloidgelösten Eiweisskörpers Fibrinogen führen.

Eiweiss besteht ganz allgemein aus flächenhaft ausgebreiteten Polypeptidketten, die eine für jede Tierart charakteristische Zusammensetzung besitzen („Elementarscheiben"). Seine Synthese erfolgt durch Apposition neuer Bausteine an den Flächen dieser Scheiben, wobei das schon Bestehende für die Auswahl des Neuangelagerten massgebend ist. So kommt es zu einer Aufeinanderlagerung stets ganz gleichgebauter Schichten, so dass dem Eiweiss eine lamelläre Struktur zugeschrieben werden muss. Nur diese Annahme vermag den artspezifischen Bau desselben zu erklären. Beim Zerfall entstehen einzelne, mehr weniger lange, rollenförmige Stücke und schliesslich immer kleinere Bruchteile, die dank ihrer bessern Löslichkeit als Lösungsvermittler für die

grössern Teilchen dienen. Im Blut sind die gröbst dispersen Partikelchen das Fibrinogen, das durch den Zerfall gewisser Zellen entsteht und bei seiner allmählichen Aufspaltung die Globuline und Albumine und endlich die Albumosen und Peptone des Plasmas liefert. Das Fibrinogen kann durch die gewöhnlichen Fällungsmittel wie ein anderer Eiweisskörper ausgeflockt werden, vom Thrombin wird es dagegen in Form von feinsten Fäden ausgeschieden, was namentlich bei Dunkelfeldbetrachtung deutlich wird. Dieser Umstand, der von der Form der Fibrinogenteilchen (langgestreckte Rollen) abgeleitet werden muss, erklärt die eigenartige Konsistenz geronnener Flüssigkeiten.

Das „Thrombin" (früher Fibrinferment), welches die Gerinnung des Fibrinogens bewirkt, ist das Zerfallsprodukt eines sehr labilen Stoffes („Prothrombin"), der wahrscheinlich zu den höhern Eiweiss-Abbauprodukten gehört. Das Prothrombin findet sich im Blutplasma als Kalksalz und zerfällt schon bei Adsorption an Glas- oder andere Flächen, namentlich aber nach Bindung an gewisse Teilchen, die chemische Affinität zu ihm besitzen. Solche Stoffe vermögen daher die Gerinnung stark zu beschleunigen („Aktivatoren"); sie kommen in allen Zellen reichlich vor und sind nichts chemisch Einheitliches, sondern gehören teils den Liporiden, teils den Eiweiss-Bausteinen an. Die Rolle des Kalziums bei der Thrombinbildung besteht darin, dass es das Prothrombin durch Verminderung seiner Wasser-Löslichkeit für Adsorptionen geeignet macht; für die Gerinnung selbst (Fibrinogen-Ausscheidung) ist Kalzium nicht mehr erforderlich.

Die Retraktion des Gerinsels vollzieht sich nur bei Anwesenheit von Blutplättchen sowie bei höherer Temperatur; sie muss daher auf der Autolyse labiler Stoffe beruhen, die aus den zerfallenden Plättchen frei werden, sich an die Fibrinfasern adsorbieren und dadurch die gegenseitigen Affinitäten der Fibrinoberflächen erhöhen. Es werden ferner die Fibrinolyse und die verschiedenen Gerinnungszeiten des Blutes besprochen. Als extremer Fall einer Gerinnungs-Verzögerung muss die Hämophilie (Bluterkrankheit) gelten, die durch Verminderung des Prothrombins bedingt ist. — Die „Antithrombine" sind Stoffe, welche in erster Linie gegen das Thrombin gerichtet sind, dessen Reaktionsfähigkeit mit dem Fibrinogen sie herabsetzen. (Autorreferat.)

Der Präsident verdankt den Vortrag auf das wärmste. In der Diskussion kommt Herr Prof. Dr. W. Hess auf die Rolle der Blutplättchen zu sprechen, und der Präsident stellt eine Anfrage bezüglich der Heilerfolge bei Hämophilie.

Der Vortragende antwortet:

„Die Rolle der Blutplättchen für die Gerinnung kann nur darin gesucht werden, dass sie Aktivatoren (vielleicht auch Prothrombin) ins Blut abgeben. Eine prinzipielle Bedeutung kommt ihnen aber nicht zu, wie die Fähigkeit des Blutes beweist, auch ohne Plättchen rasch zu gerinnen; auch die reichliche Anwesenheit von Plättchen bei Hämophilie trotz schlechter Gerinnbarkeit des Blutes und viele andere Tatsachen sprechen gegen eine grössere Rolle derselben. — Kalksalze werden bei der Gerinnung an das Fibrinogen adsorbiert und sind daher im Fibrin nachweisbar. — Ein Mittel, die Hämophilie dauernd zu heilen, besitzen wir nicht. Bluttransfusionen wirken nur einige Stunden blutstillend, hier aber so sicher, dass eine Verblutung nach Verletzungen heute mit Sicherheit vermieden werden kann."

Schluss der Sitzung 8¼ Uhr.

7. Ein Teil der Anwesenden fand sich hierauf noch zum gemeinsamen Nachtessen zusammen, bei dem Herr Dr. Rübel eine letzte Ansprache als Präsident an die Mitglieder richtete.

Der Sekretär: Prof. Dr. Schlaginhaufen.

Protokoll über die Besichtigung der Portlandzementfabriken Holderbank-Wildegg und des Schlosses Wildegg

Samstag, den 12. Juni 1920.

Vorsitzender: Prof. Dr. W. Frei. Anwesend 35 Personen.

Ankunft in Wildegg 10 Uhr 45.

1. Als neues Mitglied wird aufgenommen; Herr Dr. phil. Peter Debye. Dipl.-Ing., ord. Professor der Physik an der E. T. H., Eidg. Physikgebäude, Gloriastrasse 35, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.
2. Der Präsident begrüsst Herrn Gygi, den Direktor der Portlandzementfabriken Holderbank-Wildegg, deren Besichtigung der Naturforschenden Gesellschaft freundlichst gestattet worden ist. Zunächst gibt Herr Professor Dr. E. Bosshard eine übersichtliche Darstellung vom Verlauf der Vorgänge bei der Zementfabrikation und hierauf findet unter Führung und mit Erläuterungen des Herrn Direktor Gygi und seiner Mitarbeiter ein Rundgang in Gruppen durch die Fabrikanlagen und Besuch der Kalksteinbrüche statt. Beim Mittagessen im Hotel Aarhof spricht der Präsident den Referenten des Tages den Dank der Gesellschaft aus.

Am Nachmittag begab sich die Gesellschaft zum Schloss Wildegg, in dessen Garten Herr Landesmuseumsdirektor Prof. Dr. Lehmann ein einlässliches Bild von der Geschichte der Burg Wildegg und des umgebenden Landes bot. Unter seiner Führung wurden die Räume des Schlosses besucht und ihre Wandelungen in Ausbau und Benutzung durch seine Erläuterungen anschaulich erklärt.

Rückfahrt von Wildegg 6 Uhr 54.

Der Sekretär: Prof. Dr. Schlaginhaufen.

Protokoll der Sitzung vom 12. Juli 1920,

abends 8 Uhr auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Prof. Dr. W. Frei. Anwesend: 97 Personen.

Traktanden:

1. Die Protokolle der Hauptversammlung vom 17. Mai 1920 und der Exkursion vom 12. Juni 1920 werden unter Verdankung an Autoreferenten und Sekretär genehmigt.
2. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:

   Herr L. Laurent Schmidlin-Lindt, Fabrikdirektor, Richterswil, Talgarten, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. E. Bosshard.

   Herr Richard Sonder, stud. geol., Herrliberg, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Grubenmann.

   Herr Franz Jos. Wyss, Gessnerallee 52, Zürich 1, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. W. Frei.
3. Der Vorsitzende macht die Mitteilung, dass der Gesellschaft zwei Legate zugefallen seien:

Frau Prof. Hedwig Egli, die Witwe unseres langjährigen Mitgliedes und verdienten Vorstandsmitgliedes Prof. Dr. Karl Egli, hat die Gesellschaft mit einer Schenkung von Fr. 5000.— bedacht.

Herr Dr. Paul Choffat, unser Ehrenmitglied, das die Gesellschaft im vergangenen Jahr durch den Tod verlor, vermachte Fr. 500.—.

Beide Vergabungen verdankte der Präsident im Namen der Gesellschaft auf das wärmste.

4. In kurzen Zügen referiert der Vorsitzende über die Verhandlungen des Senates der S. N. G. Dieser hat nach Einholung der Zustimmung des Bundesrates seinen Beitritt zum Conseil international de recherches erklärt, der, mit Sitz in Brüssel, den Zweck verfolgt, auf internationaler Basis Forschungen zu organisieren. Die S. N. G. sprach in ihrer Beitrittserklärung die Hoffnung aus, dass der Conseil international de recherches so bald wie möglich alle Länder vereinige, wo die Naturwissenschaften gepflegt werden. Auch wahrt sich die S. N. G. volle Freiheit in ihren Beziehungen zu den Gelehrten, wissenschaftlichen Institutionen und Gesellschaften derjenigen Länder, die heute dem Conseil i. de r. noch nicht angehören. — Die nächste Versammlung der S. N. G. findet in Schaffhausen statt.

5. **Vortrag von Herrn Dr. P. Wirz (Basel):**

Aus dem Leben der Eingeborenen von Südwest-Neuguinea.

(Mit Projektionen).

Von den zahlreichen grössern und kleinern, z. T. vollständig zersplitterten Stämmen von holländisch Süd Neu-Guinea ist einstweilen am bekanntesten der grosse Kopfjägerstamm, die Marind-anim, welche auch den grössten Teil des Gebietes zwischen der holländisch-britischen Grenze und dem Digulfluss bewohnen, Es scheint, dass sie erst vor relativ kurzer Zeit von Osten her aus der Gegend von der Fly-river-Mündung her eingewandert sind, die erstansässigen Nachbarstämme zurückgedrängt und durch ihre bis vor kurzem noch ausgeübten Kopfjagden grösstenteils ausgerottet haben. Sie selbst und ihre Mythen berichten von solchen Westwärtswanderungen der alten Clanväter, in welchen sie dämonenhafte Wesen, die Dema erblicken, und denen allerhand seltsame Umwandlungen und märchenhafte Episoden zugeschrieben werden. Diese Dema bilden die Grundlage der religiösen Anschauungen der Eingeborenen. Sie sind unsterblich, zogen sich aber nach Ablauf ihrer irdischen Tätigkeit in die Erde, das Meer und die Flüsse zurück, wo sie sich noch durch seltame Erscheinungen, Wasserstrudel, Sturmfluten usw. bemerkbar machen; überall wo etwas Unerklärliches in Erscheinung tritt, da ist auch ein Demamirar, d.h. der Aufenthaltsplatz eines Dema.

Andere Dema (Vorfahren) verwandelten sich in Steine, die hier zu Lande sehr selten sind, die Gestirne und andere seltame Objekte.

Die Dema sind auch die Urheber aller Pflanzen, Tiere und anderer Naturobjekte, die Erfinder von Geräten und Sitten der Marind; infolge dessen die verschiedenen Clane mit den Abkömmlingen und den Erfindungen ihrer Dema-Vorfahren in enger mythologisch-totemistischer Beziehung stehen, also weitgehendster Universaltotemismus!

Die Dema spielen auch bei den Geheimkulten und den Festen eine fundamentale Rolle. Bei erstern, wozu bei den Küstenmarind der Majo-Kult zu rechnen ist, bildet vor allem der Gedanke an eine Fruchtbarkeitserhöhung, und besonders der Kokospalmen, das Grundmotiv. Der Kult kann als Inszenierung

der Mythologie betrachtet werden, die an den Novizen symbolisch vorgenommen wird von den alten Eingeweihten, welche die Rolle der Dema spielen. Dabei müssen sich die Novizen beiderlei Geschlechts für mehrere Monate vom gewohnten Leben lossagen, Speiseverbote werden ihnen auferlegt und sie halten sich abgesondert im Busch auf, wo die verschiedenen Zeremonien an ihnen vorgenommen werden, welche auf die Mythen zurückgehen.

Auf der Mythologie beruhen auch die Maskentänze und der Mummenschanz an grossen Festen. Auch er deutet auf eine östliche Herkunft hin und ist nur den Küstenmarind bekannt. Jedem grossen Feste, an welches sich die verschiedenen kleinen Familienfeste anschlossen, wie die Beförderung der Knaben und Mädchen in höhere Altersklassen, das Durchstechen der Ohrläppchen und Anlegen des ersten Schmuckes dem Kinde, musste früher stets eine erfolgreiche Kopfjagd vorangehen. Diese hatte die Namengebung der Kinder zum Zweck; als eine besondere Form von Kraftübertragung der als beseeltes Medium angesehenen präparierten Kopfjagdtrophäen, — wie sie aus andern Gebieten einstweilen noch nicht bekannt ist. An solchen Kopfjagdexpeditionen, die weit ins Innere des Landes und ostwärts bis an die Mündung des Fly-river unternommen wurden, nahmen stets mehrere Dörfer und sehr viele Personen teil, daher auch das Resultat ein sehr ausgiebiges war, so dass sämtliche Nachbarstämme sehr stark dezimiert, wenn nicht ganz ausgerottet wurden.

Ein Fest bestand stets aus mehreren Festnächten mit Gesängen, Tänzen und Reigen, an welchen wiederum die Demafiguranten ihre Rolle spielten. Den Abschluss des Festes bildete dann die Abhaltung der verschiedenen kleinen Familienfeste, die Ehrung der aktiv beteiligten Festgeber und vor allem der Kopfjäger, an die sich die Namengebung der Kinder anschloss. Hierauf wurden die Köpfe endgiltig im neuen Männerhaus verwahrt, wo sie scheinbar keine Bedeutung mehr hatten. Es wurde aber ein erbeuteter Schädel zum letzten Mal beim Tode eines Majo-Mitgliedes hervorgeholt, womit jedenfalls der Glaube an eine Beeinflussung der Seelenkräfte oder die Bannung des Totengeistes nach dem Jenseits verbunden war. (Autoreferat.)

In der Diskussion weist Prof. Schlaginhaufen auf die kunstvoll übermodellierten Schädel aus dem Gebiet des Augusta-Flusses in Nordost-Neuguinea hin, die nun, nach den Ausführungen des Vortragenden zu schliessen, ebenso gut als Trophäen der Kopfjagd, wie als Objekte des Ahnenkults aufgefasst werden können. — Auf Anfrage von Herrn Prof. W. Frei gibt der Vortragende noch Aufschluss über die Volkszahl und betont, dass diese im starken Rückgang begriffen sei. Die Zahl der Geburten ist gering und wird vom Vortragenden mit der Syphilis in Zusammenhang gebracht.

Nachdem der Präsident den Vortrag auf das beste verdankt, wird die Sitzung um 9 Uhr 45 geschlossen.

Der Sekretär: Prof. Dr. Schlaginhaufen.

Protokoll der Sitzung vom 25. Oktober 1920,
abends 8 Uhr auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Prof. Dr. W. Frei. Anwesend: 90 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der Sitzung vom 12. Juli 1920 wurde unter Verdankung an Autoreferenten und Sekretär genehmigt.

2. Einem Gesuch der Meteorologischen Zentralanstalt in Wien um Zuwendung von Geldmitteln konnte der Vorstand nur in der Weise entsprechen, dass er es in der Sitzung durch den Präsidenten bekannt gab und es den einzelnen Mitgliedern anheimstellte, private Beiträge zu verabfolgen. Herr Prof. Dr. de Quervain (Meteorolog. Zentralanstalt im Eidg. Physikgebäude) hat sich bereit erklärt, solche entgegenzunehmen.
3. Der hervorragende Philosoph und Psychologe Prof. Dr. med. et phil. et jur. Wilhelm Wundt, den unsere Gesellschaft seit dem Jahre 1874 zu ihren Mitgliedern zählen durfte, ist ihr durch den Tod verloren gegangen. Die Anwesenden ehren das Andenken an den Toten durch Erheben von den Sitzen.
4. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:
   Herr Hans J. Vetter, med. pract., Assistent am Pathologischen Institut der Universität Zürich, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. W. Frei.
   Herr Ernst Hollenweger, Ingenieur, Höhenweg 16, Zürich 7, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. W. Frei.
   Herr Dr. phil. Alphonse de Weck, Hottingerstrasse 35, Zürich 7, eingeführt durch die Herren Dr. Rübel und Prof. Dr. de Quervain.
   Herr Dr. med. Otto E. Haab, Augenarzt, Pelikanstrasse 41, eingeführt durch die Herren Dr. Rübel und Dr. med. Schinz.
   Herr Privatdozent Dr. med. Max Tièche, Bahnhofstrasse 82, Zürich 1, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. K. Hescheler.
   Herr Dr. med. Paul Cattani, Im eisernen Zeit 4, Zürich 6, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. W. Frei.
   Herr Dr. med. Adolf Barth, prakt. Arzt, Uster, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.
5. Vortrag von Herrn Privatdozent Dr. Eduard Rübel:
   Die Entwicklung der Pflanzensoziologie.
   (Da der Vortrag als ausführliche Publikation in der „Vierteljahrsschrift" erscheint, fällt das Autoreferat aus.)

In der Diskussion gab Herr Prof. Dr. Schröter noch ergänzende Bemerkungen zum Vortrag und dankte dem Vortragenden für seine grosszügige Tätigkeit als Präsident der Sektion für Geobotanik der S. N. G. Nachdem der Präsident, Herr Prof. Frei, dem Vortragenden den Dank der Gesellschaft ausgesprochen, wurde die Sitzung um ½10 Uhr geschlossen.

Der Sekretär: Prof. Dr. Schlaginhaufen.

Protokoll der Sitzung vom 8. November 1920,

abends 8 Uhr auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Prof. Dr. W. Frei. Anwesend: 91 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der Sitzung vom 25. Oktober 1920 wird unter Verdankung an den Sekretär genehmigt.
2. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:
   Frau Bertha Meyer-Landolt, Zollikon, Haus Traubenberg, eingeführt durch Herrn Dr. C. Schindler.

Fräulein Marie S. Dubien, Apothekerin. Walchestrasse 9, Zürich 6, eingeführt durch Herrn Dr. O. Sammet.

Herr Dr. med. Theodor Walter, Prakt. Arzt, Wetzikon, eingeführt durch Herrn Dr. med. A. Barth.

Herr Dr. med. Paul Anselmier, Prakt. Arzt, Stauffacherstrasse 54, Zürich 4, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.

3. Der Präsident macht auf den Verein der Pilzfreunde in Zürich aufmerksam, der Pilzausstellungen veranstaltet und auch einen wissenschaftlichen Ausschuss besitzt. Jahresbeitrag Fr. 3.—.

4. Vortrag des Herrn Dr. G. Jegen (Wädenswil):

Ergebnisse meiner Vererbungsversuche an Bienen.

Vererbungsexperimente mit der Biene Apis mel. stossen auf erhebliche Schwierigkeiten. Dies zeigt sich besonders deutlich, wenn wir an die Herauszüchtung der für den Versuch notwendigen Völker herantreten und später in eben demselben Masse bei der Kreuzungsanalyse. Der Grund zu den berührten Hindernissen liegt in der Art und Weise wie die Paarung der Bienenkönigin vor sich geht. Bei freier Zucht vollzieht sie sich in der Luft und wir wissen nie von welcher Drohne sie ausgeführt wurde. Um aber ein Zuchtprodukt auch nach seinem Vater genau werten zu können, wurde versucht, die Königin unter grossen Zelten begatten zu lassen. Dies gelingt nur in seltenen Fällen. Nun hat sich aber gezeigt, dass an abgelegenen, bienenfreien Örtlichkeiten die Begattung der Königin tatsächlich durch mitgegebene Drohnen ausgeführt wird.

Zur Beurteilung der einzelnen Eigenschaften wurden die Arbeiterinnen verwendet und zwar:

1. Weil wir sofort zahlreiche Individuen zur Verfügung haben (im Verlaufe eines Sommers bis 100,000).

2. Weil die Arbeiterin sicher aus besamten Eiern hervorgeht, d. h. weil bei ihr sowohl Vater als Mutter erblich partizipieren.

Als für das Experiment vorteilhafte Eigenschaften werden gewählt

1. Gebändert resp. Nicht Gebändert. (Bezieht sich auf rötliche Behaarung an den ersten Hinterleibsringen.)

2. Breit resp. Nicht Breit = schlank. (Dieses Merkmal bezieht sich auf die Form des Hinterleibs, der deutlich nach zwei Typen getrennt erscheint.)

I. Herauszüchtung reiner Linien.

Es wurde versucht durch Geschwisterpaarung für die einzelnen Merkmale sog. Homozygotie zu erreichen. Dabei kann festgestellt werden, dass sich bei den einzelnen Generationen (Inzestzucht) typisch Rückschläge bemerkbar machen. Für das Merkmal gebändert erfolgen die Rückschläge schrittweise, vom Ausgangsvolk an im Verhältnis von 4 : 3 : 2. Wir ersehen daraus, dass die Ausmerzung vom Merkmal „gebändert“ in der Generationsfolge immer mehr abnimmt, so dass theoretisch vollständige Reinheit (Homozygotie) für das Gen, welches die Bänderung bedingt, nicht mehr eintritt.

Für das Merkmal Breit — Schlank finden wir andere Verhältnisse vor. Der Rückschlag auf Breit ist hier ein nahezu vollständiger (15 : 1 : 1), so dass Reinheit der Gameten in bezug auf das Merkmal Breit sehr bald eintritt.

Die physischen und physiologischen Folgen der Inzestzucht gelangen deutlich zum Ausdruck. Die erste Inzestzuchtgeneration erfährt sowohl in bezug auf Körperlänge als auch auf Honigleistung eine bedeutende Steigerung.

In der zweiten Generation aber erhalten wir gewaltige Rückschläge weit unter das Mittel, die sich in der dritten Generation zudem noch fortsetzen.

II. Kreuzungsversuche.

a) Gebändert — Nicht gebändert.

Die F_1 Generation ist hier intermediär. Die F_2 Generation aber spaltet im Verhältnis von 8:1. Es lässt dies auf eine weitgehende Dominanz von Nichtgebändert über Gebändert schliessen.

b) Breit — Schlank.

In der F_1 Generation können wir Dominanz von Breit über Nichtbreit wahrnehmen und zwar im Verhältnis von 5:1. Die F_2 Generation tritt nun in einem Zellenverhältnis auf wie bei den Mendelschen Dominanzbeispielen, nämlich von 3:1. (Autoreferat.)

Diskussion: Herr Prof. Dr. H. C. Schellenberg vermisst im Vortrag eine Stellungnahme zur Dzierzonschen Theorie, dass die Drohnen rein parthenogenetisch entstehen, und kann ferner die vom Vortragenden als Rückschläge bezeichneten Erscheinungen nicht als solche anerkennen. Es handelt sich um Heterozygoten und um Polymerie der Bänderung. — Nach kurzer Entgegnung des Vortragenden dankt der Präsident diesem und dem Diskussionsredner herzlich und schliesst die Sitzung um $^1/_2$10 Uhr.

Der Sekretär: Prof. Dr. Schlaginhaufen.

Protokoll der Sitzung vom 22. November 1920,

abends 8 Uhr im Hörsaal des Gerichtlich-medizinischen Instituts der Universität, Zürichbergstr. 8.

Vorsitzender: Prof. Dr. W. Frei. Anwesend: 165 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der Sitzung vom 8. November 1920 wird unter Verdankung an Sekretär und Autoreferent genehmigt.
2. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:
   Herr Dr. med. Max Walthard, ord. Professor der Gynäkologie an der Universität, Voltastrasse 16, Zürich 7, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.
   Herr Theodor Reber, Professor an der Industrieschule, Münchhaldenstrasse 15, Zürich 8, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Ed. Schmid.
   Herr Eugen Borsari-Welti, Kaufmann, Zollikon, Seestrasse 29, eingeführt durch Herrn Dr. med. Alfred Meyer.
   Herr Dr. phil. Hans Bernhard, Privatdozent an der Universität, Schiffände 22, Zürich 1, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.
3. Zum Mitglied der kantonalen Naturschutzkommission wird als Ersatz für den verstorbenen Herrn Staatsanwalt Dr. Zeller Herr Dr. jur. Bircher, Rechtsanwalt, gewählt.
4. Die Gesellschaft hat durch den Tod verloren:
   Herrn Dr. med. Hugo Ribbert, Professor der Pathologie an der Universität Bonn. Der Verstorbene war ehemals Professor an der Universität Zürich, trat im Jahre 1893 als ordentliches Mitglied in unsere Gesellschaft ein und gehörte ihr seit 1914 als freies ausländisches Mitglied an.

Herrn Dr. phil. Hans Kronauer, Mathematiker der Rentenanstalt in Zürich. Seit 1883 ordentliches Mitglied, übernahm er bereits 1887 das Amt des Quästors und führte es mit vorbildlicher Gewissenhaftigkeit und Umsicht während 28 Jahren. Im Jahre 1912 verlieh die Gesellschaft ihrem hochverdienten Schatzmeister die Ehrenmitgliedschaft.

Die Anwesenden erheben sich zu Ehren der Verstorbenen.

5. Vortrag der Herren Prof. Dr. H. Zangger und Prof. Dr. Victor Henri: Über Spektroskopie, Spektrophotographie und deren Anwendungen.

a) Herr Prof. Dr. Zangger:

I. Wellenlängen. Demonstration der Serienspektren, Spektren eines Gitters von 1/1000 mm Linienabstand.

II. Die Ausdehnung des Spektrums, das Verhältnis des Sichtbaren zum Unsichtbaren.

a) Das Eisenspektrum — mit sehr vielen Linien im Ultraviolett. Demonstration auf dem Fluoreszenzschirm. — Das Spektrum auf weissem Papier, auf Fluoreszenzpapier. — Das Auslöschen des ultravioletten Spektrums von 3000 an durch Glas. — Das Auslöschen des sichtbaren Spektrums durch Filter. Wood, Leemann, Victor Henri.— Demonstration der ultraroten Strahlen.

b) Das Quecksilberspektrum. Wenig ausgesprochene Linien. Leemann-Filter etc. (Genauigkeit dieser Messung im Verhältnis zu andern Messmitteln). — Gesamtausdehnung des Spektrums.

c) Das kontinuierliche sichtbare Kohlenspektrum, C Al.

III. Emissionsversuche, Glas im elektrischen Bogen, Natrium, Kalium Strontiumlinien (konstante Eigenschaften). — (Röntgenspektren), Verwendung in der Metallindustrie, Legierungen, Schmelzen etc. — Verwendung in der Gerichtlichen Medizin zur Orientierung über besondere Staubarten etc. — Die charakteristischen Linienserien folgen in der Projektion der photographischen Platten.

IV. Hauptanwendung der Spektroskopie und speziell der Spektrophotographie in der Absorption. Analyse ohne Zerstörung der Materie, und zwar ohne Zerstörung der Struktur im Gegensatz zur Chemie. — Anorganische Substanzen: Dämpfe, Nitrose, Gase, Lösungen, Kaliumpermanganat. — Organische Substanzen: Blut, Blutzerfallprodukte, verändertes Blut, Kohlenoxydblut. Typische Absorptionsstreifen. Absorptionsstreifen der Blutzerfallsprodukte. Absorption durch Farbstoffe, Formaneck. Sehr viele Substanzen geben viel charakteristischere Absorptionslinien in Ultraviolett als im sichtbaren Teil, speziell die für uns wichtigen Gifte: Atropin, Kokain, Morphin, Apomorphin, Koffein, Nikotin. -- Da die photographische Platte viel empfindlicher ist als das menschliche Auge, werden diese Absorptionen, ebenso die Absorptionen in den Röntgenspektren in den photographischen Platten projiziert. (Autoreferat.)

b) Herr Prof. Dr. V. Henri:

Das gesamte Strahlungsspektrum erstreckt sich von den längsten ultraroten Strahlen von $^1/_3$ mm Wellenlängen oder 3300000 Ångström-Einheiten, bis zu den Röntgenstrahlen und den kürzesten γ-Strahlen des Radiums C von

0,007 Å, und in diesem ganzen Gebiet sind schon jetzt fast keine Lücken mehr vorhanden; es hat ja neulich schon Millikan Röntgenstrahlen von etwa 200 Ångström erhalten, und die ultravioletten Strahlen, die von McLennan photographiert wurden, haben eine Wellenlänge von 420 Å.

Nun ist die Absorption dieser verschiedenen Strahlenarten durch die Materie von einer ganzen Reihe verschiedener Faktoren bedingt. Man kann jetzt als festgestellt annehmen, dass die längsten ultraroten Strahlen durch die Molekeln selbst absorbiert werden, die kürzeren ultraroten Strahlen werden absorbiert durch die verschiedenen Atomgruppen oder Radicale, aus denen die Molekeln bestehen, so z. B. durch das Hydroxyl, oder das Methyl, die Nitrogruppe usw.; bei der Absorption der ultravioletten Strahlen wirken die chemischen Bindungen zwischen den Atomen und Atomgruppen, es kommen hier die sogenannten Valenzelektronen, oder chemischen Elektronen, oder noch peripheren Elektronen in Betracht; diese Absorption wird also sehr stark schon durch kleine Konstitutionsverschiedenheiten beeinflusst. Endlich die Röntgenstrahlen und die γ Strahlen werden durch die inneren Elektronen der Atome selbst absorbiert; für diese Absorption spielt die chemische Verbindung gar keine Rolle.

Wenn man also mit Hülfe der Spektroskopie und Spektrographie irgend eine Frage nach der Struktur der Materie untersuchen will, so wird man je nach der Fragestellung bald das ultrarote, bald das ultraviolette, bald das Röntgen-Gebiet wählen müssen.

Es werden nun eine Reihe von Photographien projiziert und zwar der ultravioletten Emissions- und Absorptionsspektren für eine ganze Reihe verschiedener Körper; dann Photographien der Emissions- und Absorptionsspektren der Röntgenstrahlen.

Die Anwendungen der Spektroskopie und Spektrographie haben sich in den letzten Jahrzehnten so entwickelt, dass es ein Gebiet geworden ist, auf dem sich der Astronom, der Physiker, der Chemiker, der Biologe, der Mediziner und der Techniker begegnen und gemeinschaftlich für die Erkenntnis nach dem Wesen und der Struktur der Materie arbeiten. (Autoreferat.)

Diskussion: Herr Prof. Dr. Baur betont die grosse Bedeutung der langjährigen spektroskopischen Forschungen Prof. Henris, welche für die Bewahrheitung der chemischen Konstitutionsformeln ein mächtiges Hilfsmittel geworden sind. Herr Prof. Dr. W. R. Hess hebt hervor, dass Henris Erfolge zweifellos viel dazu beitragen werden, die Spektro-Photometrie als Untersuchungmethode zur Bearbeitung biologischer Probleme heranzuziehen. Er weist auch auf die Untersuchung Zwaardemakers hin, welche den α- und β-Strahlen eine spezifisch biologische Bedeutung zuzuweisen scheinen. Damit wird von Zw. die Unentbehrlichkeit des Kaliums in Zusammenhang gebracht. — Weitere Bemerkungen zu den beiden Vorträgen machten die Herren Prof. Dr. Edg. Meyer, Dr. Aebly, Prof. Dr. Staudinger, Prof. Dr. Oswald und Prof. Dr. Piccard. Nach dem Schlusswort des Herrn Prof. Dr. Henri dankte der Präsident den Herren Vortragenden und ihren Assistenten, sowie den Diskussionsrednern auf das herzlichste.

6. Herr Prof. Dr. Heim empfiehlt den Anwesenden auf das wärmste den Besuch der im Pestalozzianum zur Schau gebrachten Ausstellung des Künstlers

Hans Buchstetter. Sie enthält Darstellungen der Dämmerungserscheinungen von seltener Naturtreue und verrät die hohe Begabung des Künstlers, die ganze momentane Farbenstimmung zu erfassen und zu Bild zu bringen.

Schluss der Sitzung ½11 Uhr.

Der Sekretär: Prof. Dr. Schlaginhaufen.

Protokoll der Sitzung vom 6. Dezember 1920

abends 8 Uhr auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Prof. Dr. W. Frei. Anwesend 93 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der Sitzung vom 22. November 1920 wird unter Verdankung an Autoreferenten und Sekretär genehmigt.
2. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:

   Herr Dr. Victor Henri, Professor der physikalischen Chemie an der Universität, Streulistrasse 8 III, Zürich 7, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.

   Herr Dr. med. Otto Kollbrunner, prakt. Arzt, Rämistr. 24, Zürich, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.

   Herr Ernst Friedheim, stud. med., Neumünsterallee 21, Zürich, eingeführt durch Herrn Prof. Dr. Schlaginhaufen.

   Herr Dr. Joos Cadisch, Adjunkt der Schweiz. Geolog. Kommission, Haldenbachstrasse 33, Zürich 6, eingeführt durch die Herren Prof. Dr. Albert Heim und Prof. Dr. Aug. Aeppli.

   Herr Franz Bruman, Schanzeneggstrasse 6, Zürich 2, eingeführt durch Herrn Hans Müller.

   Fräulein Margrit Schaefer, cand. med., Zeltweg 62, Zürich 7, eingeführt durch Herrn Dr. M. Baumann-Naef.
3. Zum Mitglied der kantonalen Naturschutzkommission wird Herr Pfarrer Reichen in Winterthur gewählt.
4. Vortrag des Herrn Prof. Dr. H. C. Schellenberg:

   Die Holzzersetzung als biologisches Problem.

Unter „Holz“ verstehen wir die durch Lignin oder inkrustierende Substanzen imprägnierte Cellulose. Diese wird nur von den höheren Pflanzen, Gefässkryptogamen und Phanerogamen, gebildet. Die Fähigkeit, Holz zu zersetzen, kommt nur Fadenpilzen und vielleicht auch Bakterien zu. Die biologische Holzzersetzung ist in ihrem Vorkommen darum von den gleichen Faktoren abhängig, wie das Leben der Pflanzen (Luft, Sauerstoff, Feuchtigkeit und gewisse Temperaturverhältnisse). Unter den Fadenpilzen kann man bezüglich der Zersetzung der organischen Substanz verschiedene Stufen unterscheiden: a) Vertreter, die nur Zucker, Stärke, Dextrine aufzulösen vermögen: Rost- und Brandpilze; b) Vertreter, die neben vorigen Substanzen auch die Hemicellulosen auflösen: Penicilium, Mucor.; c) Vertreter, die das Lignin aus den Membranen herauslösen und die Cellulose angreifen (eigentliche Holzzerstörer, Polypereen, Agaricineen und gewisse Ascomyceten).

Die eigentlichen Holzzerstörer bilden mannigfache biologische Gruppen: Halbparasiten, Wundparasiten, Zerstörer von Holzkonstruktionen, Zerstörer von unterdrückten Ästen, Zerstörer von abgefallenem Holz, Zerstörer von Holz in Kräutern und Gräsern etc.

Der Gang der Holzzersetzung ist so, dass die Pilze zuerst Zuckerarten aufnehmen, dann folgen Dextrine und Gummi, dann die Hemicellulosen; alsdann wird das Lignin herausgelöst und zuletzt die Cellulose angegriffen. Gleichzeitig ändern sich die physikalischen Eigenschaften des Holzes: Spez. Gewicht, Druck- und Zugfestigkeit, Brennwert etc. und ebenso die mikrochemischen Reaktionen. Durch Pilze ergriffenes Holz zeigt Cellulosereaktion.

Ein Vergleich mit der Verdauung ergibt, dass die höheren Tiere mit ihren Verdauungssekreten die Lignine und die echten Cellulosen nicht zu lösen vermögen. Die Celluloseverdauung beschränkt sich auf Hemicellulosen oder andere abgebaute Cellulosen; oder es beteiligen sich im Darmkanal Bakterien an der Verdauung. Bei den Insekten sind die Verhältnisse nicht genügend erforscht. — Die Holzzersetzung steht in naher Beziehung zur Humusbildung. Der Zerfall der organischen Substanz wird durch Fadenpilze eingeleitet. Es treten alsdann gemischte Floren von Bakterien und Fadenpilzen auf, ebenso eine reiche Fauna von niederen Tieren, und aller Wahrscheinlichkeit nach kommen reine oxydierende Vorgänge unabhängig von den Organismen vor.

(Autoreferat.)

Diskussion: Herr Prof. Dr. **Winterstein**: Die zu den Hemicellulosen zu rechnenden Holzbestandteile sind Anhydride von Xylose, Mannose, Galaktose und Fruktose. Die Sulfitlauge enthält nur wenig d-Glukose. Holzcellulosen sind hauptsächlich Anhydride von Glukose und Galaktose. Das Pektin enthält 9% Methylalkohol und erweist sich als ein Glukosid aus Galaktose und Tetragalakturonsäure. Die nach verschiedenen Verfahren dargestellten Ligninsubstanzen enthalten 19% Essigsäure- und 14% Methylalkohol-Reste. Beim chemischen Abbau liefert sie Brenzkatechin, Protokatechinsäure. Da bei der Destillation des Holzes Allylalkohol entsteht, so enthalten die Ligninsubstanzen wahrscheinlich die $CH=CH-CH_2$ amaromatischen Kern und stehen zur Zimmtsäure in Beziehung.

(Autoreferat.)

Nachdem Herr Prof. Dr. Wiegner noch zur Humusfrage das Wort ergriffen, demonstrierte Herr Prof. Schellenberg an zahlreichen Belegstücken das Vorgetragene. Der Vorsitzende, Herr Prof. W. Frei, zog noch einen kurzen Vergleich zwischen Holz- und Fleisch-Zersetzung und dankte hierauf dem Vortragenden und den Diskussionsrednern herzlich für das Dargebotene.

5. Herr Prof. Dr. Schröter macht darauf aufmerksam, dass auf Veranlassung der Volkshochschule und des Vereins für Kinoreform am 9. Januar 1921 von ½11—½1 Uhr im Orient-Cinema Vorführungen über mikroskopische Kinematographie von Prof. Siedentopf stattfinden werden.

Schluss der Sitzung 10 Uhr 45.

Der Sekretär: Prof. Dr. Otto Schlaginhaufen.

Verzeichnis der Mitglieder
der
Naturforschenden Gesellschaft in Zürich,
abgeschlossen am 31. Dezember 1920.

I.
Präsidenten der Gesellschaft.[1])

1746—1790 **Johannes Gessner,** Dr. med., Chorherr, Professor der Physik und Mathematik.
1790—1803 **Hans Caspar Hirzel,** Dr. med., Stadtarzt und Ratsherr.
1803—1812 **Joh. Heinrich Rahn,** Dr. med., Chorherr.
1812—1831 **Paul Usteri,** Dr. med., Arzt, Naturforscher und Staatsmann.
1831—1834 **Joh. Caspar Horner,** Dr. phil., Professor der Mathematik, Forschungsreisender.
1834—1847 **Heinr. Rudolf Schinz,** Dr. med., Arzt und Professor der Naturwissenschaften.
1847—1849 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1849—1851 **Oswald Heer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1851—1853 **Arnold Escher von der Linth,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1853—1855 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1855—1857 **Heinrich Frey,** Dr. med., Professor der Zoologie.
1857—1859 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1859—1861 **Rudolf Clausius,** Dr. phil., Professor der Physik.
1861—1863 **Arnold Escher von der Linth,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1863—1865 **Oswald Heer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1865—1867 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1867—1869 **Gustav Zeuner,** Dr. phil., Professor der Mechanik.
1869—1870 **Pompejus Bolley,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1870—1872 **Johannes Wislicenus,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1872—1874 **Carl Culmann,** Dr. phil., Professor der Ingenieurwissenschaften
1874—1876 **Ludimar Hermann,** Dr. med., Professor der Physiologie.
1876—1878 **Carl Cramer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1878—1880 **Albert Heim,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1880—1882 **Heinrich Friedrich Weber,** Dr. phil., Professor der Physik.
1882—1884 **Eduard Schär,** Dr. phil., Professor der Pharmacie.
1884—1886 **Wilhelm Fiedler,** Dr. phil., Professor der darstellenden Geometrie.
1886—1888 **Albert Heim,** Dr. phil., Professor der Geologie.

---

[1]) Die historischen Angaben sind der von Prof. Dr. F. Rudio verfassten Geschichte unserer Gesellschaft entnommen, die den ersten Band der „Festschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1746—1896“ (zugleich 41. Jahrgang der „Vierteljahrsschrift“) bildet. Diese Arbeit (274 Seiten und 6 Tafeln) gibt ein getreues Bild der Entwicklung unserer Gesellschaft während der ersten 150 Jahre ihres Bestehens und ist zugleich ein interessantes Stück Zürcher Kulturgeschichte. Sie ist bei der Buchhandlung Beer & Co., Peterhofstatt, Zürich, zum Preise von Fr. 10.— zu beziehen. Der 2. Band der Festschrift, zum selben Preise erhältlich, besteht aus 35 wissenschaftlichen Abhandlungen aus den Gebieten der Mathematik, Geodäsie und Astronomie, Physik, Chemie und Pharmacie, Mineralogie und Geologie, Botanik, Zoologie, Medizin. Er umfasst 598 Seiten und 14 Tafeln.

Der Vorstand.

1888—1890 **Carl Schröter,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1890—1892 **Heinrich Friedrich Weber,** Dr. phil., Professor der Physik.
1892—1894 **Georg Lunge,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1894—1896 **Alfred Kleiner,** Dr. phil., Professor der Physik.
1896—1898 **Wilhelm Ritter,** Dr. phil., Professor der Ingenieurwissenschaften.
1898—1900 **Ferdinand Rudio,** Dr. phil., Professor der Mathematik.
1900—1902 **Jakob Escher-Kündig,** Dr. phil. h. c., Kaufmann und Naturforscher.
1902—1904 **Arnold Lang,** Dr. phil., Professor der Zoologie.
1904—1906 **Ulrich Grubenmann,** Dr. phil., Professor der Mineralogie.
1906—1908 **Alfred Werner,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1908—1910 **Max Standfuss,** Dr. phil., Professor der Zoologie.
1910—1912 **Carl Schröter,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1912—1914 **Emil Huber-Stockar,** Ingenieur.
1914—1916 **Martin Rikli,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1916—1918 **Emil Bosshard,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1918—1920 **Eduard Rübel,** Dr. phil., Privatdoz. der Botanik.
1920—1922 **Walter Frei,** Dr. med. vet., Professor der Veterinärpathologie.

II.
Sekretäre.[1])

1746—1752 **Hans Ulrich von Blaarer** (ökonomischer Sekretär, auch Notar genannt) und **Hans Conrad Heidegger** (wissenschaftlicher Sekretär).

1752—1759 **Hans Caspar Hirzel,** Dr. med., Stadtarzt. 1759—1778 **Salomon Schinz,** Dr. med., Arzt und Naturforscher. 1778—1790 **Hans Rudolf Schinz,** Pfarrer und Naturforscher. 1790—1796 **Johann Heinrich von Orelli.** 1796—1799 **David Rahn,** Dr. med., Stadtarzt. 1799—1801 **Johann Jakob Cramer,** Pfarrer und Professor. 1801—1823 **Heinrich Rudolf Schinz,** Dr. med., Arzt und Professor der Naturwissenschaften. 1823—1835 **Hans Locher-Balber**, Dr. med., Professor der Medizin. 1835—1843 **Ferdinand Keller,** Dr. phil., Naturforscher und Archäolog. 1843—1847 **Albert Kœlliker,** Dr. med., Professor der Anatomie. 1847—1857 **Rudolf Heinrich Hofmeister,** Dr. phil., Professor der Physik. 1857—1860 **Hermann Pestalozzi-Bodmer,** Dr. med., Arzt. 1860—1870 **Carl Cramer,** Dr. phil., Professor der Botanik. 1870—1880 **August Weilenmann,** Dr. phil., Professor der Physik. 1880—1886 **Robert Billwiller,** Dr. phil., Direktor der meteorologischen Zentralanstalt. 1886—1892 **Adolf Tobler,** Dr. phil., Professor der Physik. 1892—1894 **Carl Fiedler,** Dr. phil., Privatdozent der Zoologie. 1894—1899 **Alfred Werner,** Dr. phil., Professor der Chemie. 1899—1906 **Karl Hescheler,** Dr. phil., Prof. der Zoologie. 1906—1912 **Emil Schoch-Etzensperger,** Dr. phil. 1912—1917 **Eduard Rübel,** Dr. phil., Geobotaniker.. 1917—1919 **Alfred Kienast,** Dr. phil., Mathematiker. Von 1920 an **Otto Schlaginhaufen,** Dr. phil., Professor der Anthropologie.

III.
Quästoren.[2])

Quästoren des Lotterie- oder Hauptfonds.

1751—1787 **Caspar Scheuchzer.** 1788—1814 **Hans Conrad Lochmann.** 1814—1826 **Hans Jakob Pestalozzi.** 1826—1832 **Johann Jakob Hess.** 1832—1842 **Salomon Klauser.** 1842—1854 **Otto Rudolf Werdmüller.**

[1]) In den ersten Jahren waren in den Statuten zwei Sekretariate vorgesehen, eines für die ökonomischen und eines für die wissenschaftlichen Geschäfte. Das erstere, auch Notariat genannt, wurde aber nach Rücktritt Ulrich von Blaarers, des ersten und einzigen Notars der Gesellschaft, mit dem wissenschaftlichen vereinigt.

[2]) Bis zum Jahre 1854 besass die Gesellschaft zweierlei Quästoren, die des Brauchfonds (auch Quästor-Ausgeber genannt) und die des Lotteriefonds (auch Quästor-Einnehmer genannt). Den ersteren fiel bis zum Jahre 1833 zugleich das Vizepräsidium zu. Im Jahre 1854 wurden die beiden Quästorate vereinigt. Der erste, der das umgestaltete neue Amt übernahm, war Meyer-Ahrens.

Quästoren des Brauchfonds.

1746—1759 **Hans Conrad Meyer,** Staatsmann und Meteorolog. 1759—1790 **Hans Caspar Hirzel,** Dr. med., Stadtarzt. 1790—1803 **Johann Heinrich Rahn,** Dr. med., Chorherr. 1803—1811 **Diethelm Lavater,** Dr. med., Apotheker, Naturforscher und Staatsmann. 1811—1812 **Paul Usteri,** Dr. med., Arzt, Naturforscher und Staatsmann. 1812–1831 **Johann Caspar Horner,** Dr. phil., Professor und Forschungsreisender. 1831—1834 **Heinrich Rudolf Schinz,** Dr. med., Arzt und Professor. 1834—1841 **Leonhard Schulthess,** Kaufmann und Botaniker. 1841—1851 **Johann Jakob Usteri-Usteri,** Kaufmann. 1851—1854 **Adolf Salomon Pestalozzi,** Bankier.

1854—1858 **Conrad Meyer-Ahrens,** Dr. med., Arzt. 1858—1874 **Johann Caspar Escher-Hess,** Kaufmann und Naturforscher. 1874—1876 **Hans Rudolf Schinz-Vögeli,** Kaufmann und Naturforscher. 1876—1887 **Johann Caspar Escher-Hess,** Kaufmann und Naturforscher. 1887—1914 **Hans Kronauer**, Dr. phil., Mathematiker. Seit 1914 **Moritz Baumann-Naef,** Dr. phil.

IV.
Bibliothekare.

1754—1757 **Johann Jakob Köchlin,** Pfarrer. 1757—1764 **Hans Heinrich Schinz,** Kaufmann und Staatsmann. 1764—1774 **Leonhard Usteri,** Chorherr und Professor. 1774—1778 **Hans Conrad Heidegger,** Staatsmann. 1778-1780 **Johann Heinrich Waser,** Pfarrer. 1780-1792 **Heinrich Lavater,** Staatsmann. 1792—1837 **Christoph Salomon Schinz,** Dr. med., Arzt, Chorherr und Professor. 1837—1881 **Johann Jakob Horner,** Bibliothekar und Professor. 1881—1892 **Johann Friedrich Graberg,** Zeichenlehrer. 1881—1892 **Carl Ott,** Physiker. 1892—1915 **Hans Schinz,** Dr. phil., Professor der Botanik.

V.
Redaktoren der Vierteljahrsschrift.

1856—1893 **Rudolf Wolf,** Dr. phil., Professor der Astronomie.
1894—1912 **Ferdinand Rudio,** Dr. phil., Professor der Mathematik.
Seit 1912 **Hans Schinz,** Dr. phil., Professor der Botanik.

VI.
Vertreter in der Kommission der Zentralbibliothek.

Seit 1916 **Martin Rikli,** Dr. phil., Professor der Botanik.

VII.
Abgeordneter in den Senat der Schweiz. Naturf. Ges.

1920—1926 **Walter Frei,** Dr. med. vet., Professor der Veterinärpathologie.
1920—1926 **Otto Schlaginhaufen,** Dr., Professor der Anthropologie. (Stellvertreter).

VIII.
Ehrenmitglieder.[1])

			Mitglied seit	Ehrenmitglied seit
s	Hr. **Eberth, Karl Josef,** Dr. med., Prof. an der Universität, Ringbahnstrasse 111	Halensee	**1865**	1896
»	**Hantzsch, Arthur,** Dr., Prof. der Chemie an der Universität	Leipzig	1885	1896
s	» **Heim, Albert,** Dr., a. Prof. d. Geol. beider Hochschulen, Hofstrasse 100	Zürich 7	**1870**	1914

[1]) Die ältesten Mitglieder (18), die der Gesellschaft schon 40 Jahre angehören sind durch fettgedruckte Jahreszahlen ausgezeichnet.
Mitglieder, deren Namen mit *s* bezeichnet sind, sind zugleich Mitglieder der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft (250).

			Mitglied seit	Ehrenmitglied seit
s »	**Rudio, Ferdinand,** Dr., Prof. der Mathematik an der techn. Hochschule, Höhestrasse 21	Zollikon b. Z. .	1881	1912
s »	**Sarasin, Fritz,** Dr., Zoologe, Spitalstrasse 22 . .	Basel	—	1915
s »	**Sarasin, Paul,** Dr., Zoologe, Spitalstrasse 22 . .	Basel	-	1915
s »	**Schinz, Hans,** Dr., Prof. der Bot. an der Universität, Seefeldstrasse 12	Zürich 8 . . .	1889	1915
s »	**Schröter, Carl,** Dr., Prof. d. Bot. a. d. techn. Hochschule, Merkurstrasse 70	Zürich 7 . . .	**1878**	1919
s »	**Schwarz, Hermann Amandus,** Dr., a. Prof. der Mathematik an der Universität, Humboldtstrasse 33 .	Grunewald b. Berlin	**1869**	1896
s »	**Tschirch, Alexander,** Dr., Prof. (Bot., Pharm). an der Universität	Bern, Kollerweg 32	—	1915

IX.

Korrespondierende Mitglieder.

			Mitglied seit	Korresp. seit
s Hr.	**Margerie, Emmanuel de,** Geologe, Rue du Bac 110	Paris VII . . .	—	1883
»	**Bredig, Georg,** Dr., Prof. für Elektrochemie an der techn. Hochschule	Karlsruhe . . .	1910	1911
»	**Einstein, Albert,** Dr., Prof. Phys., Akademie der Wissenschaften	Berlin-Dahlem .	1911	1911
»	**Willstätter, Richard,** Dr., Prof. Chem. an der Universität	München . . .	1905	1912

X.

Ordentliche Mitglieder.

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit [1]
Hr.	**Abegg, Karl,** Kaufmann	Schloss Buonas, Kt. Zug		1910
»	**Abegg-Kriech, Hermann,** Landwirt	Küsnacht	—	1918
s »	**Abeljanz, Haruthian,** Dr., Prof. Chem. an der Univ.	Gladbachstrasse 67 .	7	**1880**
»	**Ackerknecht, Eberhard,** Dr., Privatdoz., Prosektor a. vet.-anat. Institut	Forchstrasse 149 .	8	1911
s »	**Adrian, Paul,** Dr., Versicherungs-Math.	Stockerstrasse 41 . .	2	1919
»	**Aebi, Max,** dipl. Ing.	Bergstrasse 132 . .	7	1919
»	**Aebly, Jakob,** Dr. med.	Riedtlistr. 19 . . .	6	1918
s »	**Aeppli, August,** Dr., a. Prof. a. d. kant. Industrieschule	Kronenstrasse 24 . .	6	1889
s »	**Agthe, Karl,** Dr., Dipl.-Ing.	Alte Landstr. 68, Zollikon		1916
»	**Alder, Max,** Prof. an der höhern Töchterschule .	Gemeindestrasse 12	7	1913
s »	**Ammann-Schwarzer, Albert,** Kaufmann	Wiedingstr. 14 . .	3	1916
s »	**Anderes, Ernst,** Dr. med., Privatdoz. f. Gynäkologie	Neumünsterallee 15 .	8	1919
»	**Andreae, Carl,** Ing., Prof. a. d. E. T. H.	Bürglistrasse 30 . .	2	1918
»	**Anselmier, Paul,** Dr. med., Prakt. Arzt	Stauffacherstr. 54 .	4	1920
s »	**Arbenz, Paul,** Dr., Prof. Geol. an d. Univers. Bern, Neufeldstrasse 45	Bern	—	1905
s »	**Arnold, Stefan,** Dr. med., Arzt	Limmatstrasse 50 .	5	1919

[1]) **Die Mitglieder sind gebeten, allfällige Adressenänderungen oder sonstige Korrekturen umgehend dem Quästor, Herrn Dr. M. Baumann-Naef, Tödistrasse 39, Zürich 2, und dem Sekretär Herrn Prof. Dr. O. Schlaginhaufen, Susenbergstrasse 84, Zürich 7, mitzuteilen.**

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
s	Hr. **Bachmann, Hans,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Luzern, Bambergstr. 5a	—	1897
	» **Bachmann, Theodor,** Dipl.-Ing.	Corso Venezia 4, Milano, Italia		1919
s	» **Bader-Schneebeli, Hermann,** Kaufmann	Traubenstr. 5	2	1916
s	» **Badoux, Henri,** Prof. d. Forstwiss. a. d. Eidg. Techn. Hochschule	Gloriastrasse 68	7	1915
s	» **Bæbler, Emil,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Seestrasse 41, Zollikon		1911
s	» **Bänziger, Theodor,** Dr. med., Augenarzt	Billrotstrasse 15	8	1889
	» **Bær, Julius,** Bankier	Bergstrasse 54	7	1910
s	» **Bäschlin, Fritz,** Ingenieur, Prof. a. d. techn. Hochschule	Zollikon	—	1910
s	» **Baragiola, Wilhelm Italo,** Dr., Kantonschemiker, Privatdozent a. d. E. T. H.	Voltastrasse 32	7	1911
	» **Bareiss, Arthur,** Kaufmann	Alpenquai 22	2	1910
	» **Barth. Adolf,** Dr. med., prakt. Arzt	Uster, Zentralstrasse	—	1920
s	» **Baumann-Naef, Moritz,** Dr., Chemiker	Tödistrasse 39	2	1910
	Fr. **Baumann-Naef, Ida**	Tödistrasse 39	2	1915
	Hr. **Baur, Emil,** Dr., Prof. Chem. an d. techn. Hochschule	Ottikerstrasse 52	6	1911
s	» **Beck, Alexander,** Dr., a. Prof. Math.	Schanzenberg-Schönbergg. 7	1	**1870**
s	» **Beck-Barker, Bernh.,** Dr. Pfarrer	Dättlikon am Irchel	—	1904
	» **Beck, Emil,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Schanzenberg-Schönbergg. 7	1	1907
	» **Beck, Karl,** Prof. (Phys.) am Kant. Gymnasium	Hegibachstr. 75	7	1917
	» **Beer, Robert,** Buchhändler	Peterhofstatt 10	1	1905
	» **Behn-Eschenburg, Hans,** Dr., Direktor	Oerlikon	—	1910
	» **Bender, Paul,** Lithographische Kunstanstalt	Zollikon	—	1911
	» **Benz, Walter,** Dr., Prof. Math. a. d. kant. Industrieschule	Scheuchzerstrasse 90	6	1917
	» **Bernhard, Hans,** Dr., P.-D. d. Geographie a. d. Univ.	Schifflände 22	1	1920
	» **Bernheim-Karrer, Jakob,** Dr. med., Prof.	Gartenstrasse 36	2	1903
	» **Beuttner, Eugen,** Dr., Dufourstr. 769	Zollikon	—	1917
	» **Beyel, Christian,** Dr., Privatdozent Math. an der techn. Hochschule	Gemeindestrasse 26	7	1882
s	» **Biber, Walter,** Sekundarlehrer	Ottikerstrasse 53	6	1910
	» **Biber, Werner,** Dr. med., Arzt	Kanzleistrasse 2	4	1919
s	» **Biedermann, Robert,** Fabrikant. Sonnenberg	Winterthur	—	1915
s	» **Billwiller, Robert,** Dr., Adjunkt d. Eidg. Meteorol. Zentralanstalt	Plattenstr. 44	7	1917
	Fr. **Bindschedler-Laufer, Marie,** Dr.	Zürichbergstr. 98	7	1919
s	Hr. **Bircher, F. Ernst,** Dr. jur., Rechtsanwalt	Sophienstrasse 2	7	1902
	» **Bircher, Max,** Dr. med.	Keltenstrasse 48	7	1902
	» **Bitterli, Emil,** Ing., Ecole de Chimie. de l'Université	Genève	—	1910
	» **Blankart, André,** cand. chem.	Lavaterstr. 56	2	1920
	» **Blattmann-Ziegler, Heinrich,** Fabrikant	Wädenswil	—	1911
s	» **Bleuler, Eugen,** Dr. med., Prof. an der Universität	Burghölzli	8	1900
s	» **Bloch, Bruno,** Dr. med., Prof. Dermatol. a. d. Univers.	Mythenstr. 23	2	1917
s	» **Bloch, Isaak Adolf,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Solothurn	—	1895
	» **Blum-Jenny, Walther,** stud. Archäologie	Zollikerstr. 188	8	1917
s	» **Blumer, Ernst,** Dr., Geologe	Zollikon	—	1917
	» **Bodmer-Abegg, Henry,** Dr. jur.	Bärengasse 18	1	1919
	» **Bolleter, Eugen,** Dr., Sekundarlehrer	Rotbuchstrasse 24	6	1900
	» **Bommer, Albert,** Apotheker	Zähringerstrasse 9	1	1889

			Stadtkr. Zürich	Mitgl. seit
s	Hr.	**Boner, Georg,** Ing., Verw.-Rats-Delegierter von Brown, Boveri & Co.	Florhofgasse 2 . .	1 1919
	»	**Borsari-Welti, Eugen,** Kaufmann	Seestr. 29, Zollikon .	— 1920
s	»	**Bosshard, Emil,** Prof. Chem. a. d. Techn. Hochschule . . .	alte Beckenhofstr. 48	6 1913
s	»	**Bosshard, Heinrich,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Weinbergstrasse 160	6 1892
s	Fr.	**Boveri-Boner, Yvonne,** Dr.	Baden, Römerstr. 24	— 1917
	»	**Brandenberger, Anna,** Prof.	Brandschenkestr. 55	2 1919
	Hr.	**Brauchlin, Gottl.,** Dr., Jurist	Nordstrasse 7 . .	6 1918
s	»	**Braun, Josias,** Dr., Konservat. a. Geobot. Inst. Rübel	Winterthurerstr. 66 .	6 1916
	»	**Bremi, Walter,** Dr., Chemiker	Hönggerstrasse 148 .	6 1911
	»	**Brennwald, Paul,** Kaufmann	Tödistrasse 65 . .	2 1911
s	»	**Brentano, J.,** Dr., Privatdozent d. Phys. a. d. E. T. H.	Orellistr. 70 . . .	7 1918
s	»	**Bretscher, Konrad,** Dr., Sekundarlehrer	Weinbergstrasse 146	6 1890
	»	**Brettauer, Alfred,** Dr. med.	Bahnhofstr. 55 . .	1 1916
s	»	**Brinkmann, Emil,** Ingenieur	Rigistrasse 9 . . .	6 1917
s	»	**Brockmann-Jerosch, Heinrich,** Dr., Privatdoz. Bot. a. d. Univ.	Kapfsteig 44 . . .	7 1907
	»	**Broggini, Rinaldo,** stud. rer. nat.	Hochstrasse 9 . .	7 1919
	»	**Bruman, Franz**	Schanzeneggstr. 6 .	2 1920
	»	**Brunner, Friedrich,** Dr. med., Asyl Neumünster . .	Forchstrasse 85 . .	7 1896
	»	**Brunner, Otto,** Dr., Apotheker	Limmatquai 56 . .	1 1907
	»	**Bruppacher, Heinrich,** Kaufmann	Wettingerhaus 1 . .	1 1919
	»	**Bühler, Anton,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Universität	Bahnhofstr. 5 . . .	1 1904
	»	**Bürgi, Oscar,** Dr. med. vet., Prof. an der Universität	Sonnenberg Erlenbach (Zürich)	— 1906
	»	**Bützberger, Fritz,** Dr., Prof. a. d. kant. Industrieschule	Moussonstrasse 10 .	7 1911
s	»	**Burri, Robert,** Dr., Prof., Abteilungs-Vorst. der eidgen. Versuchsstation	Liebefeld-Bern . .	— 1896
s	»	**Busse, Otto,** Dr. med., Prof. an der Universität . .	Büchnerstrasse 10 .	6 1911
	»	**Cadisch, Joos,** Dr., Adj. d. Schweiz. Geol. Komm.	Haldenbachstr. 33 .	6 1920
	»	**Carpentier, Fritz,** Fabrikant	Dufourstrasse 5 . .	8 1910
	»	**Cattani, Paul,** Dr. med.	Im eisernen Zeit 4 .	6 1920
	»	**Clairmont, Paul,** Dr. med., Dir. der chirurg. Klinik der Univ.	Kantstrasse 12 . .	7 1920
s	»	**Claraz, Georges**	Lugano, Via Salvatore 21	— 1894
s	»	**Cloëtta, Max,** Dr. med., Prof. an der Universität . .	Plattenstrasse 58 .	7 1902
	»	**Corti, Arnold,** Dr., Direktor	Dübendorf	— 1918
s	»	**Cramer, Otto Leopold,** Dr. med.	Jupiterstr. 14 . . .	7 1918
	Fr.	**Cramer-v. Muralt, Olga**	Jupiterstrasse 14 .	7 1919
s	Frl.	**Daiber, Marie,** Dr., Pros. u. Assist. a. zool. Inst. beider Hochsch., Privatdoz.	Krähbühlstr. 6 . .	7 1906
	Hr.	**Däniker, Albert Ulrich,** stud. phil.	Dillileeweg 5, Küsnacht	1919
	»	**Debye, Peter,** Dr., Prof. der Physik a. d. E. T. H. .	Gloriastr. 35 . . .	7 1920
	Frl.	**Dübendorfer, Emma,** Dr. med., Ärztin	Bahnhofstrasse 88 .	1 1912
	Hr.	**Dübendorfer, Heinrich,** Stadtkassierer	Hottingerstr. 25. .	7 1919
	Frl.	**Dubien, Marie S.,** Apothekerin	Walchestrasse 9 . .	6 1920
	Hr.	**Dubuis, Samuel Ed.,** Tierarzt	Letzisteig 1 . . .	6 1918
s	»	**Düggeli, Max,** Dr., Prof. Idw. Bakter. an der techn. Hochschule	Hofstrasse 75 . . .	7 1912
s	»	**Dumas, Gustav,** Dr., Prof. Math. an d. Univers., Plateau de Béthusy	Lausanne	— 1911

			Stadtkr. Zürich	Mitgl. seit
s	Hr. **Du Pasquier, Gustav,** Dr., Prof. Math. an der Univ.	Neuchâtel	—	1907
	» **Dürst, Ulrich,** Dr., Prof. Zool. an der Universität	Bern	—	1899
s	» **Dürsteler, Wilhelm,** Dr., Chemiker	Thalwil	—	1910
s	» **Eder, Rob.,** Dr., Prof. f. Pharm. a. d. Techn. Hochschule	Freudenbergstr. 144	6	1915
s	Fr. **Eder-Schwyzer, Jeanne,** Dr. (Chem.)	Freudenbergstr. 144	6	1915
	Fr. **Egli, Hedwig.**	Haldenbachstr. 33	6	1920
	Hr. **Egli, Max,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Herrliberg	—	1910
	» **Ehrhardt, Jakob,** Dr. med. vet., Prof. a. d. Universität	Weinbergstr. 74	6	1903
	» **Engel, Emil,** Sekundarlehrer	Blümlisalpstr. 66	6	1917
	» **Engler, Harry,** Dr. phil., Chemiker	Hönggerst., Altst. b.Z.	-	1918
s	» **Erb, Josef,** Dr., Geologe, Carel van Bylandtlaan 30	Den Haag (Holland)	-	1899
s	» **Ernst, Alfred,** Dr., Prof. Bot. an der Universität	Zollikon, Höhestr. 66	-	1901
	Frl. **Ernst, Betty**	Häldeliweg 35	7	1919
	Hr. **Ernst, Heinrich,** Dr., Regierungsrat	Sonneggstrasse 61	6	1905
s	» **Ernst, Julius Walter,** Ingenieur	Freiestrasse 21	7	1900
	» **Escher, Berend,** Dr. sc. nat., Bataafsche Petroleum My.	Weltevreden, Java	-	1910
s	» **Escher-Schindler, Conrad,** Oberstlt., Geol.	Seilergraben 1	1	1915
	» **Escher, Fritz,** Dir. d. städt. Gaswerkes	Schlieren	—	1919
s	» **Escher-Kündig, Jakob Christof,** Dr. h. c., Entomolog	Gotthardstrasse 35	2	1883
	» **Escher-Lang, J. H.,** Kaufmann	Hofackerstrasse 44	7	1919
	» **Escher-Pestalozzi, Eduard,** Kaufmann	Bergstrasse 114	7	1917
	» **Escher, Hermann,** Dr., Direktor der Zentralbibliothek	St. Urbangasse 6	1	1911
s	» **Escher, Heinrich Hermann,** Dr., Chem.	Zederstr. 14	7	1918
	» **Escher, Konrad,** stud. med.	Sihlstrasse 16	1	1920
s	» **Escher, Rudolf,** Prof. Technol. a. d. techn. Hochschule	Kapfstrasse 25	7	**1874**
s	» **Escher, Wilhelm Caspar**	Scheideggstrasse 22	2	1911
	» **Falkeisen-Escher, Emanuel O.,** Kaufmann	Seilergraben 1	1	1919
	» **Farner, Ernst,** Dr. med., Arzt	Theaterstr. 12	1	1919
s	» **Farny, Jean Lucien,** Prof. Elektr. a. d. techn. Hochschule	Fehrenstrasse 23	7	1912
s	» **Feer, Emil,** Dr. med., Prof. an der Universität	Freiestrasse 108	7	1911
s	» **Fehlmann, J. Werner,** Dr., Privatdozent an der techn. Hochschule	Nordstr. 70a, Schaffhausen	—	1915
	» **Feix, Richard,** Direktor der Petroleum-Import-Co.	Splügenstrasse 10	2	1914
	» **Felix, Florian,** Dr. med., Arzt	Wädenswil	—	1910
	» **Felix, Otto,** Dr., Tierarzt, Dir. d. Ver. Zürch. Molkereien	Stauffacherquai 4	4	1919
s	» **Felix, Walter,** Dr. med., Prof. an der Universität	Köllikerstr. 7	7	1891
	» **Fenner, Karl,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Freiestrasse 211	7	1905
s	» **Field, Herbert Haviland,** Dr., Dir. d. Concil. Bibliogr.	Hofstrasse 49	7	1899
s	» **Fierz-David, Hans Eduard,** Dr., Prof. f. Chem. a. d. E.T.H.	Kilchberg b. Zch.	—	1917
	» **Fingerhuth, Max,** Dr. med.	Feldeggstrasse 80	8	1905
s	» **Fischer, Emil,** Dr. med., Arzt	Bolleystrasse 19	6	1919
s	» **Fischer-Reinau, Ludwig,** Dr. phil., Ing.	Bleicherweg 13	1	1918
s	» **von Fleischl, Otto,** Dr. med.	Stockerstrasse 32	2	1918
	» **Fleischmann, Carl,** Apotheker	Rigistrasse 52	6	1915
	» **Fliegner, Alb.,** Dr., a. Prof. Maschinenbau	Via Trevano 9, Lugano	-	**1870**
s	» **Flückiger, Otto,** Dr., Prof. an der höhern Töchterschule	Zollikerstr. 25, Zollikon	-	1910
	Fr. **Flury-Habegger, Emma**	Junkerngasse 36, Bern	-	1915

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
	Hr.	**Flury, Philipp,** Dr. h. c., Adj. d. eidg. forstl. Vers.-Stat.	Hadlaubstr. 108 . .	6	1888
s	»	**Franel, Jérome,** Dr., Prof. Math. an d. techn. Hochschule	Klusweg 8	7	1892
	»	**Frank, Ludwig,** Dr. med.	Freudenbergstr. 16 .	7	1910
s	»	**Frei, Walter,** Dr. med. vet., Prof. an der Universität	Zollikon, Höhestr. 68	-	1912
s	»	**Frey, Hans,** Dr., Prof. am kant. Lehrerseminar . .	Küsnacht b. Zch. . .		1896
s	Frl.	**Frey, Hedwig,** Dr., Prosektor am anat. Institut der Universität	Mommsenstrasse 17 .	7	1912
	Hr.	**Frey, Jakob Heinrich,** Kaufmann	Zollikerstrasse 152 .	8	1919
	»	**Frey, Rudolf,** Maschinentechniker	Freistr. 2, Schaffhausen		1919
s	Hr.	**Frick, Theodor,** Dr. D. S., Zahnarzt	Titlisstrasse 14 . .	7	1900
	»	**Friedheim, Ernst,** stud. med.	Neumünsterallee 21	8	1920
s	»	**Friedländer, Immanuel,** Geologe	Zürichbergstr. 118 .	7	1915
	»	**Fritschi, Friedrich,** a. Nationalrat	Steinwiesstrasse 18 .	7	1892
s	»	**Fritz, Franz,** Dr., Tierarzt	Forchstrasse 151 . .	7	1914
	»	**Froebel, Robert,** Gartenarchitekt	Moussonstr. 15 . .	7	1918
	»	**Froehner, Julius,** Dr. med., Zahnarzt	Peterstrasse 1 . . .	1	1911
	»	**Froelich, Friedrich,** Chem.	Schaffhauserstr. 85 .	6	1914
s	»	**Früh, Jakob,** Dr., Prof. Geogr. an der techn. Hochschule	Freiestrasse 6 . . .	7	1895
s	»	**Fueter, Rudolf,** Dr., Prof. Math. an der Universität	Rigistrasse 34 . . .	6	1917
s	»	**Furrer, Ernst,** Dr., dipl. Fachlehrer f. Naturwissensch.	Winterthurerstr. 146	6	1913
s	»	**Gampert, Paul,** Kaufmann	Gartenstrasse 36 . .	2	1915
s	»	**Gams, Edmund,** Maschineningenieur	Seegartenstrasse 2 .	8	1917
s	»	**Gams, Hellmut,** Dr., Bot.	Königinstr. 21, München		1912
s	»	**Ganz, Emil,** Kaufmann	Wonnebergstr. 67 .	8	1905
s	»	**Gassmann, Theodor,** Dr. phil.	Villa l'Oasis, Corseaux Vevey	—	1905
	»	**Gaule, Georg Justus,** Dr. med., a. Prof. a. d. Universität	Zürichbergstrasse 130	7	1887
	»	**Geilinger, Walter,** Dr. med.	Häldeliweg 31 . .	7	1917
s	»	**Geiser, Karl Friedrich,** Dr., a. Prof. Math.	Küsnacht b. Zch. . .	—	1883
	»	**Gerlach, Rudolf,** Dr., Prof. am kant. Lehrerseminar .	Küsnacht b. Zch. . .	—	1905
	»	**Gerwer, Friedrich,** Ingenieur	Ebelstrasse 11 . . .	7	1914
s	»	**Giger, Emil,** Dr. rer. nat., Prof. höh. Töchtersch.	Asylstr. 17	7	1918
	»	**Glättli, Hans,** Tierarzt	Samstagern . . .	—	1919
	»	**Glauser, Rudolf,** dipl. Chemiker	Dornach, Kt. Soloth. .		1912
s	»	**Gnehm, Robert,** Dr., a. Prof., Präs. d. schw. Schulrates	Eidmattstrasse 26 .	7	**1873**
s	»	**Gogarten, Emil,** Dr., Geologe, Villa Philadelphie .	Luzern	—	1907
	»	**von Gonzenbach, Willy,** Dr. med., Prof. Hyg. a. d. E.T.H.	Freiestrasse 29 . .	7	1912
	»	**Graber, Aurèle,** cand. phil.	St. Blaise, Kt. Neuenb.		1919
	»	**Graemiger, Benjamin,** Ingenieur	Höngg, Zürcherstr. 181 .	—	1914
		v. Graffenried, Alfred, dipl. ing. chem.	Bleicherweg 45 . .	2	1918
s	»	**Gramann, August,** Dr., Sekundarlehrer	Äussere Schaffhauserstr. 7, Winterthur		1899
	»	**Gränacher, Charles,** Dr. Ass. a. chem. Institut .	Huttenstr. 52		1919
s	»	**Greinacher, Heinrich,** Dr., Prof. Physik	Gladbachstr. 62 . .	7	1915
s		**Greiner, Paul,** Kaufmann	Kilchberg b. Zch. . .	—	1917
		Gretler, Heinrich, Apotheker	Rindermarkt 19 . .	1	1919
		Grisch, Andreas, Dr., Adjunkt d. schweiz. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt	Oerlikon	—	1907
s		**Grossmann, Marcel,** Dr., Prof. Math. a. d. techn. Hochschule	Holderstr. 14 . . .	7	1908

				Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
s	»	**Grubenmann, Ulrich,** Dr., Hon.-Prof. Min. a. d. Univ.	Titlisstrasse 60	7	1893
	»	**Gschwind, Meinrad,** Dr. chem., Eidg. Prüfungs-Anstalt f. Brennstoffe	Clausiusstr. 6	6	1918
	»	**Gugelmann, Paul,** stud. forest.	Stapferstrasse 3, II	6	1920
	»	**Guggenbühl, Adolf, Ing.**	**Weinbergstrasse 1**	1	1918
s	»	**Gujer-Berchtold, Julius,** a. Nat.-Rat, Fabrikant	Bächtoldstr. 6	7	1916
s	«	**Guyer, Oskar,** Dr., Prof. a. d. kant. Handelsschule	Moussonstrasse 19	7	1915
	»	**Gyger, Alfred,** Kaufmann	Rigistrasse 61	6	1919
	»	**Gysi, Alfred,** Dr. D. S., Prof. a. d. Zahnarzt-Schule der Universität	Obere Zäune 10	1	1893
s	Hr.	**Haab, Otto,** Dr. med., Hon.-Prof. a. d. Universität	Pelikanstrasse 41	1	1880
	»	**Haab, Otto E.,** Dr. med., Augenarzt	**Pelikanstr. 41**	1	1920
	»	**Haas, de, Walter,** Redaktor d. techn. Monatshefte	Rüschlikon	—	1911
s	»	**Haffter, Paul J.,** per Adr. Herrn H. Nabholz	Mühlebachstr. 82	8	1915
	»	**Hägler, Karl,** Assist. am Anthrop. Inst. d. Univ.	Streulistr. 5	7	1920
	»	**Halperin, Jakob,** Dr. med.	Seebach	—	1910
s	»	**Hauri, Hans,** Dr., Sekundarlehrer	St.Gallen, Florastr. 11	—	1911
	»	**Hauser, Adolf,** Apotheker	Gemeindestr. 7	7	1918
	»	**Heberlein, Fritz,** Dr. Ing., Chemiker	Zollikerstr. 132	8	1916
	»	**Heberlein, Hugo,** Kaufmann	Zollikerstr. 225	8	1918
s	»	**Hegi, Gust.,** Dr., Prof. Bot. an d. Universität	Tengstr. 18, München	—	1903
s	»	**Heim, Arnold,** Dr., Geologe	Hofstrasse 100	7	1906
	»	**Henri, Victor,** Dr., Prof. d. phys. Chemie a. d. Univ.	Streulistr. 8, III	7	1920
s	»	**Henschen, Karl,** Dr. med., Prof.	St.Gallen, Bahnhofstr. 11		1910
	Frl.	**Herder, Hermine,** Malerin, Villa Yalta	Seefeldstr. 287	8	1916
	Hr.	**Herkenrath, Franz,** Ingenieur	Höngg, Zürcherstr. 387	—	1912
s	»	**Herzfeld, Eugen,** Dr., Ass. am chem. Lab. d. Kantonssp.	Ekkehardstrasse 16	6	1911
s	«	**Hescheler, Karl,** Dr., Prof. Zoolog. an beid. Hochschulen	Mainaustrasse 15	8	1894
	»	**Hess, Gottfried,** Architekt	Nordstrasse 15	6	1911
s	»	**Hess, Walter, R.,** Dr. med. Prof. a. d. Universität	Susenbergstr. 198	6	1919
	»	**Heusser, Hans,** Dr., Oberassist. a. Kant. Tierspital	Muggenbühl	2	1918
	Frl.	**Heydweiller, Erna Jenny,** Dr. Geologin	Montbijouplatz 3, Berlin 24		1917
s	Hr.	**Hilgard, Karl Emil,** a. Prof., Ingenieur-Konsulent	Klosbachstrasse 159	7	1910
	»	**Hiller, Eduard,** Apotheker, Sonnenapotheke	Rämistrasse 7	1	1911
	»	**Hirsch, Arthur,** Dr., Prof. Math. a. d. techn. Hochschule	Reinacherstrasse 8	7	1903
s	»	**Hirschi, Hans,** Dr., Geologe	Braunwald (Glarus)	—	1915
	»	**Hirzel, Hermann,** Dr. ing., Chemiker	Winkelwiese 5	1	1918
s	»	**Höhn, Walter,** Sekundarlehrer	Kurvenstrasse 40	6	1910
	»	**Hofer, Hans,** Lithographie-Besitzer	Küsnacht	—	1912
s	Fr.	**Hoffmann-Grobéty, Amélie,** Dr. ès sc.	Ennenda, Kt. Glarus	—	1919
	Hr.	**Hofmann, Arnold,** Dr. med. Arzt	Reinacherstrasse 9	7	1919
	»	**Hofmeister, Eduard**	Freigutstr. 16	2	1918
	Frl.	**Hofmeister, Sara**	Hottingerstr. 11	7	1918
	Hr.	**Hollenweger, Ernst,** Ingenieur	Höhenweg 16	7	1920
	Hr.	**Holliger, Wilhelm,** Dr., Seminarlehrer	Wettingen	—	1896
	»	**Hottinger, Rudolf,** Dr. med., Privatdozent f. Urologie an der Universität	Voltastrasse 27	7	1917
	»	**Hubacher, Karl,** Dr., Kantonsapotheker	Belsitostrasse 20	7	1912
s	«	**Huber-Stockar, Emil,** Ingenieur	Neumünsterallee 12	8	1888

				Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
s	Hr.	**Huber-Pestalozzi, Gottfried,** Dr. med. et phil.	Englischviertelstr. 61	7	1915
s	»	**Huber, Hans,** Dr. med., Sanatorium	Kilchberg b. Zch.	—	1910
	»	**Huber, Max,** Dr. jur., Prof. der Rechte an der Univers.	Schloss Wyden b. Ossingen	—	1910
s	»	**Huber, Robert,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Streulistrasse 16	7	1910
	»	**Hürlimann, Hans** Dr., Chemiker	Brandschenkestr. 160	2	1917
s	»	**Hug, Jakob,** Dr., Sekundarlehrer	Schindlerstrasse 16	6	1910
s	»	**Hunziker, Edwin,** Ing. der Schweiz. Geodät. Komm.	Nordstrasse 175	6	1917
s	»	**Imhof, Othmar Emil,** Dr..	Königsfelden-Brugg	—	1882
	»	**Jabs, Asmus,** techn. Direktor	Alpenstrasse 3	2	1905
s	»	**Jaccard, Paul,** Dr., Prof. Bot. an der techn. Hochschule	Konkordiastrasse 12	7	1903
	»	**Jaeger, Carl,** Dr., Chemiker, Schwandenweg 8	Kilchberg b. Z.	—	1915
	»	**Jænike-Schneider, Emil,** Privatlehrer	Freiestrasse 34	7	1908
	»	**Jakob, Joh.,** Dr.	Villa Friedländer, 60, Via Luigia Sanfelice, Napoli-Vomero		1919
s	»	**Jeannet, Alphonse,** Dr., Geologe d. Schweiz. Geolog. Kommission	Institut géologique Le Mail, Neuchâtel	—	1913
s	»	**Jegen, G.,** Dr., Schweiz. Versuchsanstalt Wädenswil	Wädenswil		1919
	»	**Jegher, Carl Gaudenz,** Ing.	Kilchberg b. Zürich		1919
s	»	**Jenny-Tschudi, Daniel,** Fabrikant	Glarus		1911
	»	**Jenny, Heinrich,** stud. rer. nat.	Neue Beckenhofstrasse 42	6	1919
Frl.		**Josephy, Gretel,** cand. phil.	Rütistr. 4	7	1918
s	Hr.	**Karrer, Paul,** Dr., Prof. Chemie a. d. Universität	Landoltstrasse 16	6	1918
s	»	**Kaufmann, Robert**	Belsitostrasse 17	7	1919
	»	**Keer, Arnold,** Chemiker	Kilchberg b. Zch.	—	1910
s	»	**Keller, Konrad,** Dr., Prof. Zool. an der techn. Hochschule	Forchstrasse 118	7	**1875**
	»	**Keller, Konrad,** Landwirt	Guggachstrasse 12	6	1902
s	»	**Kiefer, Adolf,** Dr.	Minervastrasse 149	7	1894
s	»	**Kienast, Alfred,** Dr., Privatdoz. Math. an der techn. Hochschule	Küsnacht b. Zch.	—	1905
s	»	**Klages, Wilhelm,** Hütteningenieur	Schwarzackerstr. 375, Wallisellen		1912
	»	**Kleiber, Albert,** Dr.	Kirchgasse 13	1	1893
	»	**Klett, Max,** Dr., Chemiker	Heliosstrasse 6	7	1911
s	»	**Klinger, Rudolf,** Dr. med., Assistent am Hyg.-Institut	Schönbergstr. 15	7	1911
	»	**Klöti, Eugen,** Ass. f. Entom. a. d. E. T. H.	Oerlikon, Schulstr. 34	—	1915
s	»	**Knopfli, Walter,** Dr. Zoologie	Stauffacherstrasse 9	4	1913
	»	**Koch, Helmut,** dipl. Ing.	Freigutstrasse 9	2	1917
	»	**Koch, Wilhelm,** Optiker	Bahnhofstr. 11	1	1918
	»	**Kœlsch, Adolf,** Dr., naturwiss. Schriftsteller	Bergstr. 32, Heidelberg		1910
	»	**Kollbrunner, Otto,** Dr. med.	Rämistr. 24	1	1920
	»	**Koller, Eugen,** Mühlenbesitzer	Zürcherstr. 30, Küsnacht b. Zürich		1919
s	»	**Kopp, Robert,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	St. Gallen-Ost, Neptunstr. 5		1896
	»	**Kruck, Carl,** Baumeister	Küsnacht	—	1919
s	»	**Künzli, Emil,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Solothurn	—	1901
s	»	**Küpfer, Max,** Dr.	Klausstrasse 20	8	1911
	»	**Kubly, F. Wala,** Dr. med.	Langenthal, Kt. Bern	—	1916
	»	**Kummer, Walter,** Dr., Ing.-Kons., Prof. a. d. techn. Hochschule	Mythenstrasse 15	2	1910
s	»	**Kummer-Weber, Wilhelm,** Pflanzer	Villa Verbanella, Locarno	—	1914
	»	**Kunz, Carl,** Dr., Privatlehrer	Chemin Miremont 35, Genf	—	1911

				Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Hr.	**Landolt-Locher, Paul,** Kaufmann	Asylstr. 31		7	1918
Frl.	**Lange, Mathilde M.,** Dr. phil.	Beethovenstr. 14, Lankwitz-Berlin			1918
Hr.	**Laubi, Otto,** Dr. med.	Kappelistrasse 35		2	1919
»	**Lautenbach, Max,** Dr. jur.	Bolleystrasse 30		6	1912
s »	**Lebedinsky, Nahum, G.,** Dr., Dir. d. Zootom. u. Exp. Zool. Inst. Univ. Riga, Lettland	Paretkina, Boulevard 9			1909
s »	**Leuzinger, Rud.,** Vorst. d. kant. Mädchen-Erz.-Anst.	Mollis		—	1909
Hr.	**Liebmann, Erich,** Dr. med., Oberarzt an der med. Klinik	Kantonsspital		7	1912
»	**Lifschitz, Israel,** Anorg. chem. Laboratorium der Reichsuniversität	Groningen, Holland		—	1917
s »	**Locher, Fritz,** dipl. Ing.	Aubrigstr. 10		2	1917
»	**Looser, Emil,** Dr. med., Privatdozent f. Chirurgie	Utoquai 39		8	1920
»	**Löwensberg, Paul,** Dr. med.	Sissach (Baselland)		—	1912
s »	**Lüdin, Emil,** Dr., Prof. an der kant. Industrieschule	Stolzestrasse 14		6	1896
s »	**Lüthy, Adolf,** Dr., Prof. an der höh. Töchterschule	Hofstrasse 22		7	1904
s »	**Lunge, Georg,** Dr., a. Prof. Chem.	Carmenstrasse 37		7	**1876**
s »	**Maier, Hans W.,** Dr. med., Prof., Dozent d. Psychiatrie	Burghölzli		8	1909
»	**Mark-Bechtold, André,** Dr. med.	Bahnhofstrasse 55		1	1915
s »	**Matthias, Eugen,** Dr., Prof. a. d. höh. Töchterschule	Plattenstrasse 44		7	1919
s »	**Maurer, Julius,** Dr., Direkt. d. Meteor. Zentr.-Anst.	Zürichbergstrasse 7		7	1881
»	**Medicus, Fritz,** Dr., Prof. Philos. a. d. techn. Hochschule	Rüschlikon, Glärnischstr. 13			1911
»	**Meierhofer, Hans,** Dr., Prof. a. d. höhern Töchterschule	Reinacherstrasse 18		7	1908
s »	**Meissner, Ernst,** Dr., Prof. Mech. an der techn. Hochschule	Zollikon, Seestr. 59		—	1910
»	**Mende-Ernst, Theodor,** Dr. med.	Dreikönigstrasse 37		2	1883
»	**Menzi, Jakob,** Dr., Sekundarlehrer	Birmensdorferstr. 271		3	1919
»	**Mertens, Walter,** Gartenarchitekt	Rieterstrasse 36		2	1910
s »	**Messikommer, Heinrich,** Antiquar	Hechtplatz 1		1	1910
s »	**v. Meyenburg, Hanns,** Dr. med., Prof. Universität Lausanne Institut pathologique	Lausanne		—	1916
»	**Meyer, Alfred,** Dr. med. Arzt	Zollikon		—	1919
Fr.	**Meyer-Landolt, Bertha**	Zollikon, Haus Traubenberg			1920
s »	**Meyer, Edgar,** Dr., Prof. d. Physik a. d. Universität	Freudenbergstr. 12		7	1907
»	**Meyer, Franz,** Dr. jur.	Utoquai 31		8	1919
s Frl.	**Meyer, Frieda,** Dr.	Weinmgerstrasse 322, Dietikon		—	1912
s Hr.	**Meyer-Rüegg, Hans,** Prof., Dr. med., Priv.-Doz. a. d. Univ.	Freiestrasse 116		7	1916
»	**Meyer, Heinrich,** Dr., Chemiker	Plattenstr. 34		7	1918
»	**Meyer-Hürlimann, Karl,** Dr. med.	Hottingerstrasse 20		7	1901
Frl.	**Meyer, Martha,** Lehrerin.	Minervastrasse 128		7	1917
s Hr.	**Minder, Leo,** Dr., Adjunkt d. Stadtchemikers	Schaffhauserstr. 76		6	1918
s »	**Minkowski, Mieczyslaw,** Dr. med., Priv.-Doz. f. Hirnl. a. d. Univ.	Physikstrasse 6		7	1917
s »	**Misslin, Emil,** Dr., Chemiker, Privatdoz. E. T. H.	Arterstrasse 26		7	1919
s »	**Monakow, Konstantin von,** Dr. med., Prof. a. d. Universität	Dufourstrasse 116		8	1887
s »	**Monnier, Eduard,** Dr. med., Priv.-Doz. f. Chirurgie a. d. Univers.	Pestalozzistr. 58		7	1917
»	**Mühleder, Hans,** Masch.-Ing.	Wallisellen, Schwarzackerstr. 374		—	1918
»	**Müller, Albert,** Buchhändler	Nägelistrasse 9		7	1905
»	**Müller, Alexander,** Dr., Phys.	Kurhausstrasse 8		7	1911

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
s	Frl. **Müller, Charlotte,** Dr. med., Ärztin	Gœthestrasse 10	1	1911
	» **Müller, Gertrud**	Hirschengraben 48	1	1919
	Hr. **Müller, Hans**	Zollikerstrasse 45	8	1919
	» **Müller, Heinrich,** a. Chemiker	Susenbergstrasse 173	6	1912
s	» **Müller-Thurgau, Hermann,** Dr., Direkt. d. Schw. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau	Wädenswil	—	1891
	» **Müller, Marcus,** Lehrer	Witikon	—	1913
	» **Muralt, Wilhelm von,** Dr. med.	Rämistrasse 18	7	1883
s	» **Naef, Adolf,** Dr., Priv.-Doz. f. Zoologie a. d. Universität	Kaulbachstr. 69. München		1916
	» **Naef-Werner, Paul,** a. Oberförster und Pflanzer	Dolderstrasse 57	7	1918
s	» **Naegeli, Otto,** Dr. med., Prof. a. d. Universität	Voltastr. 55	7	1918
	» **Nänni, Jakob,** Dr., dipl. Fachlehrer f. Naturwissensch.	Russenweg 12	8	1913
s	» **Nager, Felix Rudolf,** Prof. Dr. med., Dozent für Oto-, Rhino- u. Laryngologie an der Universität	Freiestrasse 20	7	1917
	» **Narutowicz, Gabr.,** Ing., Prof. an der techn. Hochsch.	Tobelhofstrasse 34	7	1912
s	» **Niggli, Paul,** Dr., Prof. für Mineralogle a. d. E. T. H.	Rigistr. 40	—	1913
	» **Ogushi Kikutaro,** Dr., Prof. der Anatomie	Osaka (Japan)	—	1913
s	» **Oppliger, Fritz,** Dr., Prof. am kant. Lehrerseminar	Küsnacht b. Zch.	—	1893
s	» **Oswald, Adolf,** Dr. med., Prof. an der Universität	Hofstrasse 78	7	1903
	» **Ott, Emil,** Dr. ès sciences, Chemiker	Schlieren, Industriestrasse	—	1918
s	» **Ott, Hans,** Direktor der Ott-Toblerschen Privatschule	Kapfstrasse 16	7	1910
	» **Ott, Carl,** Reallehrer	Hochstrasse 109. Schaffhausen	—	1919
	» **Panchaud de Bottens, Adalbert,** Dr. phil. u. med.	Seefeldstrasse 33	8	1911
	» **Pestalozzi-Bürkli, Anton,** Dr.	Löwenstrasse 21	1	1903
s	Frl. **Peter, Margarethe,** Lehrerin	Töchterinstitut Fetan	—	1911
s	Hr. **Peyer, Bernh.,** Dr., Privatdozent Zool. a. d. Univers.	Schönleinstr. 11	7	1918
s	» **Pfenninger, W.,** Dr. med. vet., Ass. a. vet.-pat. Institut	Freigutstrasse 31	2	1918
	» **Pfister, Gottfried,** Dir. Allg. Maggi-Ges.	Kemptthal	—	1918
	» **Pfister, Johann,** Ingenieur	Küsnacht b. Zch.	—	1915
s	Frl. **Pfister, Martha,** Lehrerin	Oerlikon	—	1911
	Hr. **Pfleghard, Otto,** Architekt	Zollikerstr. 245	8	1918
	» **Piccard, Aug.,** Dr., Prof. f. Physik a. d. techn. Hochschule	Gladbachstr. 45	7	1912
	» **Platter, Bruno,** Assist. d. Schweiz. Agr.-chem. Anstalt	Asylstr. 98	7	1916
	» **Pólya, Georg.** Dr., Prof. Mathem. E. T. H.	Alkoholfr. Kurh. Zürichberg	7	1920
s	» **Prášil, Franz,** Dr., Prof. Masch. a. d. techn. Hochschule	Heuelstrasse 51	7	1894
s	» **Preiswerk, Heinrich,** Ing., chez Mr. Douane, 23 avenue Parmentier	Paris XIe		1917
s	» **Quervain, Alfred August de,** Dr., Prof. Met., Adjunkt der meteorologischen Zentral-Anstalt	Gloriastrasse 68	7	1907
	» **Rabowski, Ferdinand,** Dr., Geologe, Musée de Géologie, Université	Lausanne	—	1920
	» **Rahn, Viktor C.,** Banquier	Lavaterstrasse 50	2	1919
	» **Rascher, Max,** Buchhändler	Rathausquai 20	1	1905
	» **Raths, Jakob,** Sekundarlehrer	Streulistrasse 31	7	1897
	Frl. **Rauch, Aline,** Lehrerin	Weststr. 60	3	1918

				Stadtkr. Zürich	Mitgl. seit
Hr.	**Reber, Theodor,**	Prof. a. d. Industrieschule	Münchhaldenstr. 15	—	1920
s »	**Redeker, August,**	Apotheker	Bremen-Hemelingen	—	1913
s »	**Rehsteiner, Hugo,**	Dr., Präs. d. St. Gall. Naturw. Ges.	St. Gallen, Eschenstr. 1	—	1918
»	**Reitz, Wilhelm,**	Oberingenieur	Schipfe 29	1	1904
Frl.	**Renner, Sophie,**	Dipl. Fachlehrerin, Töchterinstitut	Fetan, Engadin		1918
s Hr.	**Resch, Alfred,**	Dr. med.	Fraumünsterstr. 8	1	1916
»	**Riese, Heinrich,**	Ingenieur	Bahnhofstrasse 78	1	1915
s »	**Rikli, Martin,**	Dr., Prof. Bot. an d. techn. Hochschule	Brandschenkesteig 12	2	1894
s »	**Ris, Friedrich,**	Dr. med., Direktor der Pflegeanstalt	Rheinau	—	1892
»	**Ritzmann, Emil,**	Dr. med.	Bahnhofstrasse 58	1	1889
»	**Rohn, Arthur,**	Prof. Masch. an der techn. Hochschule	Blümlisalpstrasse 11	6	1912
s »	**Rollier, Louis,**	Dr., Prof. Geol. a. d. techn. Hochschule	Sonneggstr. 5	6	1905
»	**Roothaan, Hans Philipp,**	Geologe, pr. Adr. Frau M. Roothaan,	Gossau, Kt. St. Gall.		1917
»	**Rosenbohm-Bindschedler, Ernst,**	Dr. Phys.-Chemie	Scheuchzerstrasse 22	6	1919
»	**Roth, Conrad,**	Ing., Direktor	Zollikerstr. 10, Zollikon		1919
»	**Roth, Gottfried,**	Kaufmann	Asylstrasse 57	7	1920
s »	**Roth, Otto,**	Dr. med., a. Prof. Bakt. a. d. techn. Hochsch.	Engl. Viertelstr. 54	7	1891
»	**Roth, Wilhelm,**	Dr. med.	Plattenstrasse 34	7	1910
»	**Rothpletz, Gottlieb Friedrich,**	Garteninspektor	Belvoirpark	2	1903
s Fr.	**Rotszajn, Sophie,**	cand. phil.	Schönleinstrasse 3	7	1911
s Hr.	**Ruckstuhl, Werner,**	Dr., Chemiker	z. Homberg, Kemptthal		1917
»	**Rudolph-Schwarzenbach, Eduard,**	Kaufmann	Scheideggstrasse 45	2	1912
s Frl.	**Rübel, Cecile**		Zürichbergstr. 35	7	1918
s Hr.	**Rübel, Eduard,**	Dr., Geobotaniker, Priv.-Doz. E. T. H.	Zürichbergstrasse 30	7	1903
s Frl.	**Rübel, Helene**		Zürichbergstr. 35	7	1918
Hr.	**Rüeger, Armin,**	Apotheker, z. Rebstock	Bischofszell	—	1911
s »	**Rüst, Ernst,**	Dr., Prof. an der kant. Handelsschule	Hadlaubstrasse 106	6	1910
»	**Rusterholz, Arnold,**	Dr. Prof. Vet.med. a. d. Universität	Tödistrasse 41	2	1910
s »	**Rutgers, Fritz,**	Ingenieur, Zürichstrasse 11	Oerlikon	—	1915
»	**Rutgers, Joh.,**	Dr. med., Arzt	Wilhelminalaan 21, Lochem (Holland)		1919
»	**Rutishauser, Friedrich,**	Sekundarlehrer	Winterthurerstr. 58	6	1916
»	**Rütschi, Alfred,**		Theaterstr. 12	1	1920
s »	**Salis, Theophil,**	Apotheker	Werdstrasse 5	4	1917
»	**Sammet, Otto,**	Dr., Apotheker	Neue Beckenhofstr. 42	6	1912
s »	**Sandmeyer, Traugott,**	Dr. phil. et Dr. techn. h. c.	Forchstr. 22 - Zollikon		1919
Frl.	**Schaefer, Margrit,**	cand. med.	Zeltweg 62	7	1920
s Hr.	**Schäppi, Theodor,**	Dr. med. et phil.	Sprensenbühlstr. 7	7	1904
s »	**Schärtlin, Georg Gottfried,**	Dr., Direkt. d. Rentenanst.	Mythenstr. 1	2	1894
s »	**Schardt, Hans,**	Dr., Prof. Geol. an beiden Hochschulen	Voltastrasse 18	7	1911
»	**Schaufelberger, Wilhelm,**	Dr.	Riedtlistrasse 72	6	1902
s »	**Schellenberg, Hans,**	Dr., Prof. Ldw. an der techn. Hochschule	Hofstrasse 63	7	1895
»	**Schellenberg, Kaspar,**	Dr., Tierarzt	Hofstrasse 65	7	1896
»	**Schindler-Stockar, Dietrich,**	Dr. jur., Rechtsanwalt	Rämistrasse 2	1	1911
»	**Schindler, Konrad,**	Dr. med.	Seegartenstrasse 2	8	1907
»	**Schinz, Hans Rudolf,**	Dr. med., Leiter d. Röntgen-Inst. a. Kantonsspital	Seefeldstrasse 12	8	1920

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
s	Hr.	**Schlaginhaufen, Otto,** Dr., Prof. Anthrop. a. d. Univ.	Susenbergstrasse 94	7 1904
s	»	**Schläpfer, Paul,** Dr., Dir. d. Eidg. Prüfungsanst. f. Brennst. a. d. E.T.H.	Gladbachstrasse 62 .	6 1917
s	»	**Schleich, Karl,** Dr., Chemiker	Kemptthal	— 1918
	»	**Schmid, Ed.,** Dr., Prof. an der kant. Industrieschule	a. Landstr. 42, Kilchberg	1905
	»	**Schmidlin-Lindt, L. Laurent,** Fabrikdirektor . .	Thalgarten, Richterswil	1920
	»	**Schmidt, Oscar,** Dr., Direkt. d. Akkumul.-Fabr. Oerlikon	Scheideggstrasse 35 .	2 1900
	»	**Schnorf, Carl,** Dr. med. vet.	Bergstr. 3	7 1918
	»	**Schoch, Albert,** Dr., Lehrer a. d. Kantonsschule .	Gattikerstrasse 8. .	7 1919
s	»	**Schoch-Etzensperger, Emil,** Dr.	Zollikerstr. 136 . .	— 1898
	»	**Schöller, Fried. Arthur,** Kaufmann	Parkring 53 . . .	2 1919
	»	**Schöller, Walter,** cand. chem.	Hohenbühlstr. 16 . .	7 1910
	»	**Schöllhorn, Fritz,** Brauereileiter, Brauerei Haldengut,	Winterthur . .	— 1917
	»	**Schönenberger, Friedrich,** Ing.	Allenmoosstrasse 11, Oerlikon .	— 1919
	»	**Schoop, Max Ulrich,** Physiker	Hardturmstrasse 82 .	5 1912
	»	**Schrader, Julius,** Maschinen-Ingenieur	Susenbergstr. 96 . .	7 1920
s	»	**von Schulthess-Schindler, Anton,** Dr. med. . . .	Wasserwerkstr. 53 .	6 1889
	»	**Schulthess-Hünerwadel, Hans,** Verlags-Buchhändler .	Rämistrasse 52 . .	7 1910
	»	**Schulthess, Willy,** Dr. jur. Vize-Dir.	Dufourstr. 14, Zollikon	1919
	»	**Schultz, Gustav,** Kaufmann	Konkordiastr. 22. .	7 1918
	»	**Schuppli, Hans,** cand. phil.	Blumenweg 15 . .	8 1918
	»	**Schwarz, Emil,** Dr. med., Bezirksarzt	Seidengasse 9 . . .	1 1910
	»	**Schwarz, Heinrich,** Dr., Chemiker	Kernstrasse 4 . .	4 1920
s	«	**Schwarzenbach-Fürst, Arnold**	Kilchberg b. Z., Seewart	— 1916
s	»	**Schwarzenbach, Ernst,** Dr. med.	Stockerstrasse 32 .	2 1907
	»	**Schweizer, Armin,** Dr. jur., Rechtsanwalt . . .	Rüschlikon, alte Landstrasse	1919
s	»	**Schweizer, Robert,** Dr. med.	Stadelhoferstrasse 15	1 1910
s	»	**Schwyzer, Fritz,** Dr. med.	Kastanienbaum b. Luzern .	— 1912
	»	**Schwyzer-Ellsworth, Fritz,** Kaufmann	Dolderstrasse 104 .	7 1913
	»	**Seeberger, Xaver,** Dr. med. vet.	Trottestr. 11 . . .	6 1918
	»	**Seelig, Paul,** Dr., Chemiker	Kastanienbaum b. Luz.	1919
	»	**Seiferle, Eugen,** stud., Villa Forst	Kemptthal	— 1918
s	»	**Seiler, Ulrich,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium . .	Pestalozzistrasse 29 .	7 1901
	»	**Seitz, Johann,** Dr. med.	Plattenstrasse 86 . .	7 **1874**
	»	**Sidler, Ernst,** Dr. med., Prof. f. Augenheilk. a. d. Univ.	Glärnischstrasse 40 .	2 1917
s	»	**Sigerist, Henry E.,** Dr. med.	Ebelstrasse 7 . . .	7 1918
		Sigg, Hermann Otto, Kaufmann, alte Landstr. 110	Küsnacht (Zürich) .	— 1918
	Fr.	**Sigg, Martha,** alte Landstrasse 110	Küsnacht (Zürich) .	— 1918
s	Hr.	**Silberschmidt, William,** Dr. med., Prof. an der Univ.	Zürichbergstrasse 54	7 1903
	»	**Sonder, Richard,** stud. geol.	Herrliberg	— 1920
		Speckert, Joseph, Dr. med.	Stadthausquai 3 . .	1 1912
s	»	**Speiser, Andreas,** Dr., Prof. Math. a. d. Universität	Rigistr. 14	6 1918
	»	**Sponagel, Paul,** Dr., Chemiker	Bellariastr. 69 . .	2 1914
	Frl.	**Stadtmann, Doris,** stud. med.	Bergstr. 5	7 1918
s	Hr.	**Stähelin, Emil,** Dr. Zahnarzt	Küsnacht	— 1919
		Staehelin, Markus, Dr., Ass. f. Botanik	Scheuchzerstrasse 28	6 1919
	»	**Stähli, Jean,** Dr. med., Priv.-Doz. f. Augenheilkunde a. d. Universität	Hadlaubstrasse 7 . .	6 1917
	»	**Staub, Hans,** cand. chem.	Gladbachstr. 54 . .	7 1917
	Fr.	**Staub-Elmenhorst, Mary Ellen**	Bahnhofstr. 72 . .	1 1919
	Hr.	**Staub, Paul,** dipl. Chemiker	Rue Bergalonne 8, Genf . .	— 1919

				Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
s	Hr.	**Staub. Rudolf,** Dr., Geologe	Rieslingstr. 8	7	1911
s	Fr.	**Staub-Wagopoff, Sara,** cand. geol.	Rieslingstr. 8	7	1911
s	Hr.	**Staub, Walter,** Dr. sc. nat., Geologe, Compania de Petroleo la Corona, Aportado Postal No. 238 Tampico, Mexico	Hegibach 38	7	1911
s	»	**Staudinger, Herm.,** Dr., Prof. der Chemie an der techn. Hochschule	Hadlaubstrasse 81	6	1912
	»	**Stebler, F. G.,** Dr.	Walchestrasse 21	6	**1879**
	»	**Steiger, Karl,** Kunstmaler	Kilchberg b. Zch.	—	1910
s	»	**Steiner, Gotthold,** Dr., Priv.-Doz.	Bern-Bümpliz, Heimstr. 17	—	1911
	»	**Steiner, Hans,** Dr. phil.	Universitätstr. 65	6	1912
	»	**Steiner, Hans,** Dr., Seminarlehrer	Kinkelstrasse 56	6	1919
s	»	**Stierlin, Hans,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Frohburgstrasse 63	6	1910
s	»	**Stodola, Aurel,** Dr., Prof. Masch. a. d. techn. Hochschule	Freiestrasse 62	7	1894
s	»	**Stoll, Hermann,** Dr. jur., Industrieller	Lavaterstr. 15	2	1918
s	»	**Stoll, Otto,** Dr. med., a. Prof. der Geogr.	Klosbachstrasse 75	7	**1875**
	»	**Stoppani, Giovanni Ambrosio,** Dr. med., Prof. an der Zahnarztschule der Universität	Bahnhofstrasse 30	1	1903
	»	**Straessle, Anton,** Kaufmann	Alpenstr. 33	2	1918
s	»	**Strohl, Hans,** Dr., Prof. Zool. a. d. Universität	Kapfsteig 50	7	1907
	»	**Stünzi, Walter,** Fabrikant	Alpenstrasse 1	1	1920
	»	**Suter, Heinrich,** Dr., a. Prof. am kant. Gymnasium	Arlesheim	—	**1871**
s	»	**Szávits-Nossan, Stephan,** Dipl.-Ing., Gajeva ulica 20.	Zagreb (Jugoslavien)	—	1917
s	»	**Täuber, Karl Paul,** Ingenieur	Rotbuchstrasse 32	6	1910
s	»	**Tank, Franz,** Dr. Privatdoz., Ass. f. Physik	Sprensenbühlstr. 8	7	1919
s	»	**Thellung, Albert,** Dr., Priv.-Doz. Bot. a. d. Univ.	Hegibachstrasse 42	7	1911
Frl.		**Thurnheer, Anna,** cand. phil.	Wohlen (Aarg.)	—	1918
Hr.		**Tièche, Max,** Dr. med., Priv.-Doz. a. d. Univ.	Bahnhofstr. 82	1	1920
s	»	**Tobler, Adolf,** Dr., Prof. Elektr. a. d. techn. Hochschule	Winkelwiese 4	1	**1873**
s	»	**Treadwell, William D.,** Dr. Prof. d. Chem. a. d. E. T. H.	Freudenbergstr. 146	6	1916
	»	**Trueb, Reinhold,** Ingenieur, Fabrikant	Hombrechtikon	—	1911
	»	**Trümpler, Alfred,** Dr. sc. nat., diplom. Chemiker und diplom. Fachlehrer	Kasinostrasse 20	7	1914
s	»	**Tschulok, Sinai,** Dr., Fachlehrer für Naturwissensch. und Privatdozent an der Universität	Gloriastrasse 68	7	1909
	»	**Uehlinger, Arthur,** stud. forest.	Stapferstrasse 31I	6	1920
	»	**Ulrich, Alfred,** Dr. med., Leiter der Epilept. Anstalt	Südstrasse 150	8	1903
	»	**Ulrich, Emil Arnold,** Seidenfabrikant	Parkring 25	2	1918
	»	**Ulrich, Konrad,** Dr. med.	Börsenstrasse 16	1	1912
	»	**Usteri-Pestalozzi, Eduard,** Oberst	Thalacker 5	1	1918
s	»	**Veraguth, Otto,** Dr. med., Prof. a. d. Universität	Gladbachstrasse 90	7	1903
	»	**Vetter, Hans J.,** med. pract., Ass. am pathol. Inst. d. Univ.	Zürich	—	1920
	»	**Vogel, Theodor,** Apotheker	Seefeldstrasse 81	8	1916
Frl.		**Vogel, Vera,** stud. med.	Zürichbergstr. 6	7	1919
s	Hr.	**Volkart, Albert,** Dr., Vorstand d. Schweiz. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Oerlikon	Frohburgstrasse 67	6	1900
s	»	**Vonwiller, Paul,** Dr. med. et phil., Anatom. Institut	Zürich	—	1919
	»	**Walter, Theodor,** Dr. med., prakt. Arzt	Wetzikon	—	1920
	»	**Walthard, Max,** Dr. med. Prof. d. Gynäkologie a. d. Univ.	Voltastr. 16	7	1920

			Stadtkr. Zürich	Mitgl. seit
s	Hr.	**Waser, Ernst,** Dr., Chemiker . . . . . Büchnerstrasse 22 .	6	1915
	»	**Weber, Emil,** Dr.. Sekundarlehrer . . . . . Hotzestrasse 48 . .	6	1911
	»	**de Weck, Alphonse,** Dr. phil. . . . . Hottingerstrasse 35 .	7	1920
	»	**Wegmann, Gustav,** Ingenieur . . . . . Hofstrasse 132 . .	7	1898
s	»	**Wehrli, Hans,** Dr., Prof. Geogr. an der Universität . Kurhausstrasse 11 .	7	1903
s	»	**Wehrli, Leo,** Dr., Prof. Geol. a. d. höh. Töchterschule Hochstrasse 60 . .	7	1895
	»	**Wehrlin, Kurt,** Dr. med. . . . . Steinwiesstr. 17 . .	7	1917
s	»	**Weiss, Pierre,** Dr., Directeur de l'Inst. de Phys. de l'Univ. Strassbourg . .	—	1902
	»	**à Wengen, Walter,** stud. chem. . . . . Zürichbergstr. 132 .	7	1918
s	»	**Wettstein, Ernst,** Dr., Prof. an der kant. Industrieschule . . Attenhoferstrasse 34	7	1904
	»	**Wettstein, Walter,** Sekundarlehrer . . . . . Ütlibergstr. 260 . .	3	1893
	»	**Weyl, Hermann,** Dr., Prof. Math. a. d. techn. Hochsch. . Carmenstrasse 23 .	7	1915
	»	**Widmer, Adolf,** Dr. med. . . . . Freigutstrasse 5 . .	2	1916
	»	**Wiederkehr, Rudolf,** Sekundarlehrer . . . . . Oberrieden b. Zch. .	—	1910
s	»	**Wiegner, Georg,** Dr., Prof. Agr. Chem. a. d. techn. Hochschule . Neptunstr. 14 . .	7	1913
	»	**Wiesmann, Theodor,** Sekundarlehrer . . . . . Dreiwiesenstr. 9 . .	7	1907
s	»	**Wild, Oscar,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Universität Steinwiesstrasse 31 .	7	1911
s	»	**Winterstein, Ernst,** Dr., Prof. Agr. Chem. a. d. techn. Hochschule . . . . . Physikstrasse 4 . .	7	1893
	»	**Wirth, Gustav,** Syndikus d. Deutsch. Handelskammer Hochstrasse 13 . .	7	1920
	»	**Witzig, August,** Stadtammann . . . . . Seewartstrasse 21 .	2	1919
s	»	**Wolfer, Alfred,** Dr., Prof. Astron. an beiden Hochsch. Sternwarte	6	**1880**
s	»	**Wolfer, Paul,** Dr. med. . . . . Weinplatz 7 . . .	1	1916
s	»	**Wünsche, Fritz,** Dr., Assistent am pharmakol. Inst. d. Universität Voltastrasse 59 . .	7	1911
	»	**Wyss, Franz Jos.** . . . . . Gessnerallee 52 . .	1	1920
	»	**v. Wyss, Georg,** stud. chem. . . . . Bärengasse 19 . .	1	1918
s	»	**Wyss, Hans Osk.,** Dr. med., prakt. Arzt . . . . Steinwiesstr. 37 . .	7	1918
s	»	**Wyss, Max Oskar,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Univ. Häldeliweg 17 . .	7	1910
	»	**v. Wyss-Schindler, Wilhelm,** Dr., Prof., Rektor der höhern Töchterschule (ält. Abt.) . . . . . Winkelwiese 5 . .	1	1911
	»	**Wyssling, Walter,** Dr., Prof. Elektr. an der techn. Hochschule . Wädenswil	—	1893
	—	**Yamasaki, Haruo,** Dr. med. . . . . neue Beckenhofstr. 51	6	1920
s	»	**Zangger, Heinrich,** Dr. med., Prof. an der Universität Bergstrasse 25 . .	7	1904
s	»	**Zehnder, Ludwig,** Dr., Prof. der Physik a. d. Univers. Ruchfeld 78 b. Basel	—	1917
	—	**Zeller-Williger, Erwin,** Ingenieur . . . . . Rütistrasse 10 . .	7	1915
	»	**Zietzschmann, Otto,** Dr., Prof. Vet. Med. a. d. Universität Seefeldstrasse 115 .	8	1907
	»	**Zölly-Veillon, Heinrich,** Ingenieur . . . . . Brunaustrasse 42 . .	2	1910
s	Frl.	**Zollikofer, Clara,** Dr. Assist. Bot. a. d. Universität Obere Zäune 4 . .	1	1919
	Hr.	**Zollinger-Jenny, Ernst,** Fabrikant . . . . . Bellariastrasse 57 .	2	1884
	»	**Zschokke, Erwin,** Dr. med., Prof. an der Universität Selnaustrasse 36 . .	1	1889
	»	**Zschokke, Theod.,** Obstbautechniker a. d. eidg. Versuchsanstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau . . Wädenswil	—	1912
s	»	**Zuppinger, Emil,** Fabrikant . . . . . Wallisellen	—	1892
	»	**Zürcher, Ernst,** Buchdrucker . . . . . Brunngasse 2 . . .	1	1906
s	»	**Zürcher, Joh. Friedr.** . . . . . Bühler, Appenzell .	—	1910
	»	**Zweifel, Fritz,** Dipl.-Ing. . . . . alte Landstrasse 398, Küschtikon	—	1918

XI.

Freie ausländische Mitglieder.

			Mitglied seit	Freie ausl. Mitgl.
s Hr.	**Bluntschli, Hans,** Dr. med., Prof. Anat. a. d. Univers., Gärtnerweg 54	Frankfurt a. M.	1904	1916
»	**Disteli, Martin,** Dr., Prof. Math. a. d. Univ. Zürich	Olten	1892	1914
»	**Driesch, Hans,** Dr., Uferstrasse 52	Heidelberg	1892	1914
»	**v. Eggeling, Heinrich,** Dr. med., Prof. an d. Universität	Jena	1888	1914
s »	**Emden, Rob.,** Dr., Prof. an d. techn. Hochsch. (Phys.), Habsburgerstr. 4	München	1888	1914
s »	**Ernst, Paul,** Dr. med., Prof. an d. Univers., Graimbergw. 8	Heidelberg	1901	1914
»	**v. Frey, Max,** Dr. med., Prof. an der Universität	Würzburg	1898	1914
»	**Goldschmidt, Heinrich,** Dr., Prof. Chem. a. d. Univers.	Christiania	1881	1914
»	**Höber, Rudolf,** Dr. med., Prof. an d. Univers. (Physiol. Inst.)	Kiel	1889	1914
Hr.	**Jordan, Hermann,** Dr., Prof. Physiol., Frans Halsstraat 19	Utrecht	1903	1914
»	**v. Laue, Max,** Dr., Prof. Phys., Inst. für theor. Physik d. Univ.	Berlin	1912	1914
»	**Lorenz, Richard,** Dr., Prof. Elektrochem. an der Univ.	Frankfurt a. M.	1897	1914
»	**Martin, Paul,** Dr., Prof. Anat. a. d. Univers., Johannesstr. 15	Giessen	1889	1914
»	**Martin, Rudolf,** Dr., Prof. Anthrop., Laplacestr. 24	München O. 27	1890	1916
s »	**Maurizio, Adam,** Dr., Prof. Bot. a. d. k. k. Hochschule	Lemberg	1902	1914
»	**Mollison, Theod.,** Dr., Prof.	Breslau, Anatomie	1905	1914
»	**Morton, Friedrich,** Dr., Universität, Wien I		1915	1920
»	**Sauerbruch, F.,** Geh.-Rat, Prof., Dr., Chirurg. Klinik,	München		1920
s »	**Schall, Karl,** Dr., Prof. Chem. an der Universität, Sternwartenstr. 79	Leipzig	1889	1914
»	**Stix, Oswald,** Dr. ing., Ingenieur, Seidlgasse 14	Wien III	1908	1914
»	**Weber, Friedr.,** Dr., Geologe, Nederlandsche Coloniale Petroleum Maatschappy, Koningsplein W 20	Batavia-Weltevreden	1904	1914
»	**Zschokke, Markus,** Dr. med., vet., Tierarzt		1917	1920

XII.

A. Vorstand.

			Austritts-jahr
Präsident:	Hr.	**Frei, W.,** Dr., Prof., Zollikon, Höhestr. 68	1920–1922
Vizepräsident:	»	**Quervain, Alfred A. de,** Dr., Prof., Gloriastr. 68	1920–1922
Sekretär:	»	**Schlaginhaufen, O.,** Dr., Prof., Susenbergstrasse 94	1920–1924
Quästor:	»	**Baumann-Naef, M.,** Dr., Tödistrasse 39	1920–1926
Redaktor:	»	**Schinz, Hans,** Dr., Prof., Seefeldstr. 12	1918–1924
Vertreter in der Kommission der Zentralbibliothek:			
	Hr.	**Rikli, M.,** Dr., Prof., Brandschenkesteig 12	1916–1922
Vertreter im Senat der S. N. G.:			
	Hr.	**Frei, W.,** Dr. Prof.	1919–1925
	»	**Schlaginhaufen, Otto,** Dr., Prof. (Stellvertreter)	1919–1925
Beisitzer:	»	**Bosshard, E.,** Dr., Prof., alte Beckenhofstr. 48	1919–1925
»	»	**Kienast, A.,** Dr., Küsnacht (Zürich)	1920–1922
»	»	**Rübel, E.,** Dr., Zürichbergstrasse 30	1920–1922

B. Rechnungsrevisoren 1920-1922.

Hr. **Escher, Wilhelm Caspar**
» **Bommer, Albert,** Apotheker

Abwart: Hr. **Zeller, Adolf,** Maler, Zürich 3, Stationsstr. 19.

Mitgliederbestand.

	Auf 31. Dezember 1920
I. Ehrenmitglieder	10
II. Korrespondierende Mitglieder	4
III. Ordentliche Mitglieder	547
IV. Freie ausländische Mitglieder	22
	583

Preise für Separata aus der Vierteljahrsschrift.

Der Autor erhält von der Gesellschaft 50 Freiexemplare ohne Umschlag geheftet, weitere Exemplare ohne Umschlag sind zu nachstehenden Preisen erhältlich:

	25 Exempl.	50 Exempl.	75 Exempl.	100 Exempl.	125 Exempl.	150 Exempl.	175 Exempl.	200 Exempl.	225 Exempl.	250 Exempl.	275 Exempl.	300 Exempl.
	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
1/8 Bogen = 2 Seiten	1.50	3.—	4.50	6.—	7.25	8.70	10.15	11.60	12.60	14.—	15.40	16.80
1/4 „ = 4 „	2.30	4.60	6.90	9.20	11.—	13.20	15.40	17.60	18.90	21.—	23.10	25.20
1/2 „ = 8 „	3.85	7.70	11.55	15.40	18.25	21.90	25.55	29.20	31.95	34.50	37.95	41.40
1/1 „ = 16 „	6.95	13.90	20.85	27.80	32.75	39.30	45.85	52.60	55.35	61.50	67.65	72.70
Umschläge mit dem Titel der Abhandlung	16.—	18.—	20.—	22.—	24.—	26.—	28.—	30.—	32.—	34.—	36.—	38.—

Die Kosten für Heften und Beschneiden sind in diesen Preisen inbegriffen, nicht aber diejenigen für allfällige Tafeln.

Die **„Vierteljahrsschrift“** der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich — in Kommission bei Beer & Co. — kann durch jede Buchhandlung bezogen werden. Bis jetzt sind erschienen Jahrgang 1—64 (1856—1919) als Fortsetzung der in 4 Bänden (1847—1855) veröffentlichten „Mitteilungen“ der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Der Verkaufspreis der Jahrgänge 51—61 beträgt Fr. 12.—, Jahrgang 62 und 63 je Fr. 22.—. Ältere Jahrgänge sind, soweit noch vorhanden, zu reduzierten Preisen erhältlich. Der 41. Jahrgang — Festschrift der Naturforschenden Gesellschaft zur Feier ihres 150jährigen Bestehens — kostet 20 Fr., der 64. Jahrgang (1919) Fr. 40.—.

Die seit **1799** in ununterbrochener Folge von der Gesellschaft herausgegebenen **„Neujahrsblätter“** sind ebenfalls durch die Buchhandlung Beer & Co. zu beziehen.

Seit 1875 sind erschienen:

P. Arbenz: Über Karrenbildungen. 1913. G. Asper: Wenig bekannte Gesellschaften kleiner Tiere. 1881. R. Billwiller: Kepler als Reformator der Astronomie. 1878. Die meteorologische Station auf dem Säntis. 1888. Ernst Blumer: Geschichte des Erdöls. Bilder aus der Vergangenheit unseres Planeten. 1920. K. Bretscher: Zur Geschichte des Wolfes in der Schweiz. 1906. C. Cramer: Bau und Wachstum des Getreidehalmes. 1889. M. Düggeli: Die Schwefelbakterien. 1919. A. Forel: Die Nester der Ameisen. 1893. H. Fritz: Aus der kosmischen Physik. 1875. Die Sonne. 1885. U. Grubenmann: Ueber die Rutilnadeln einschliessenden Bergkrystalle vom Piz Aul im Bündneroberland. 1899. Dr. David Friedrich Wiser (1802—1878). Lebensbild eines Zürcher Mineralogen. 1918. C. Hartwich: Das Opium als Genussmittel. 1898. Alb. Heim: Einiges über die Verwitterungsformen der Berge. 1874. Ueber Bergstürze. 1882. Geschichte des Zürichsees. 1891. Die Gletscherlawine an der Altels am 11. September 1895 (unter Mitwirkung von L. Du Pasquier und F. A. Forel). 1896. Neuseeland. 1905. Der Bau der Schweizeralpen. 1908. Arn. Heim: Über Grönlands Eisberge. 1911. Auf dem Vulkan Smeru auf Java. 1916. Th. Herzog: Reisebilder aus Ostbolivia. 1910. K. Hescheler: *Sepia officinalis* L. Der gemeine Tintenfisch. 1902. Der Riesenhirsch 1909. J. Jäggi: Die Wassernuss und der Tribulus der Alten. 1884. Die Blutbuche zu Buch am Irchel. 1894. C. Keller: Über Farbenschutz in der Tierwelt. 1879. A. Lang: Geschichte der Mammutfunde (mit Bericht über den Fund in Niederweningen). 1892. G. Lunge: Beleuchtung sonst, jetzt und einst. 1900. C. Moesch: Wohin und warum ziehen unsere Vögel. 1877. Der japanische Riesensalamander und der fossile Salamander von Oeningen. 1887. J. Pernet: Hermann v. Helmholtz. 1895. A. de Quervain: Aus der Wolkenwelt. 1912. M. Rikli: Kultur und Naturbilder von der spanischen Riviera. 1907. Eine Frühlingsfahrt nach Kreta 1917. F. Rudio: Zum hundertsten Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft. 1898. E. Schär: Das Zuckerrohr. 1890. H. Schinz: Schweizerische Afrika-Reisende und der Anteil der Schweiz an der Erschliessung und Erforschung Afrikas überhaupt. 1904. Otto. Schlaginhaufen: Die wichtigsten fossilen Reste des Menschengeschlechts. 1914. Die Technik der künstlichen Fischzucht. Tabelle zur leichten Bestimmung der Fische der Schweiz. Fischfauna des Kantons Zürich. 1880. C. Schröter: Die Flora der Eiszeit. 1883. Der Bambus. 1886. Die Schwebeflora unserer Seen (das Phytoplankton). 1897. Die Palmen und ihre Bedeutung für die Tropenbewohner. 1901. Leo Wehrli: Der versteinerte Wald zu Chemnitz. 1915. A. Weilenmann: Über die Luftströmungen, insbesondere die Stürme Europas. 1876. Die elektrischen Wellen und ihre Anwendung zur drahtlosen Strahlentelegraphie nach Marconi 1903.

Zur Beachtung.

Die Bücherbestände der Naturforschenden Gesellschaft, die mit dem 1. Januar 1916 in den Besitz und damit auch in die Verwaltung der Zentralbibliothek übergegangen sind, stehen den Mitgliedern unserer Gesellschaft nach Massgabe der Benutzungsordnung der Zentralbibliothek zur Verfügung.